

**Universidad Antonio Ruíz de Montoya**

**Escuela de Posgrado**



***Estrategias para el desarrollo de competencias genéricas  
en la asignatura “Vibraciones Mecánicas” en las carreras  
de antegrado de un centro de educación superior***

**Tesis para obtener el Grado Académico de Magister en  
Educación con mención en Docencia Universitaria**

**Presentado por el Bachiller:**

**José Martín Casado Márquez**

**Presidente: Dra. Patricia Medina Zuta**

**Asesor: Mg. Robert Caballero Montañez**

**Lector 1: Mg. Igor Valderrama Maguiña**

**Lector 2: Mg. José Panduro Paredes**

**LIMA, PERÚ**

**Mayo del 2018**



## DEDICATORIA

A mi madre, **Juana**, fuente de sosiego infatigable.

A mi padre, **Edilberto**, hoy en el cielo, quien en la Tierra me enseñó a obrar con honestidad y probidad.

A mis tíos **Corina** y **Manuel**, por su paciencia y amor en los momentos vividos más duros.

A mi Alma Mater, la **Universidad Nacional de Ingeniería**, por haberme dado la gran oportunidad de capacitarme para ser un mejor docente y hacer mejor docencia en las aulas, para formar mejores ingenieros.



## AGRADECIMIENTOS

A los ingenieros, así como a los jóvenes que realizaban prácticas pre-profesionales y profesionales por su paciencia en responder todas las preguntas de los cuestionarios formulados, cuyas respuestas me sirvieron como referentes para plantear la propuesta de formación de competencias de los alumnos de la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en la asignatura Vibraciones Mecánicas.

A los estudiantes de la FIM – UNI que se dieron un tiempo para participar en responder las encuestas planteadas, en aras de mejorar la calidad de la oferta de nuestra asignatura.

A mi asesor de tesis, por su compromiso y responsabilidad para que esta tesis vea la luz, así como también a los maestros y doctores que validaron los datos que la sustentan.

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo esencial analizar la importancia de las competencias genéricas que se desarrollan en la asignatura “Vibraciones Mecánicas”, dictada en la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) a estudiantes de carreras profesionales cuya formación involucra el uso de máquinas, para que posteriormente puedan resolver los problemas que causan las vibraciones en el campo laboral, ayuden a reducir el grave problema que los ruidos causan, así como también el desgaste acelerado de las piezas mecánicas. La investigación está desarrollada desde un enfoque cualitativo, siendo su primer propósito confirmar que es insuficiente pretender formar ingenieros competentes en sus respectivas especialidades tomándoles solamente evaluaciones escritas (presenciales o domiciliarias); las prácticas de laboratorio en nuestra asignatura se convierten en indispensables. La recolección de datos consistió en plantear cuestionarios mediante la técnica del método Delphi a ingenieros y egresados que trabajan en su profesión, así como a jóvenes que realizaron prácticas profesionales y pre-profesionales. Asimismo, se realizaron encuestas a estudiantes que llevan la asignatura de manera obligatoria y a estudiantes que no la llevan, pero que cursaron el noveno o décimo ciclo de estudios en sus carreras en la FIM, concluyendo que es indispensable que los estudiantes con formación afín a la Ingeniería Mecánica vayan adquiriendo capacitación en tópicos de vibraciones mecánicas desde las aulas universitarias para poder resolver problemas de campo vinculantes.

**PALABRAS CLAVE:** Competencias genéricas, vibraciones mecánicas, mantenimiento predictivo.



## ABSTRACT

The essential objective of this research is to analyze the importance of generic competencies developed in the subject “Mechanical Vibrations”, dictated at Faculty of Mechanical Engineering (FIM) of National Engineering University (UNI) for students whose training in their professional careers involves the use of machines, so they can develop themselves in the labor field in order to solve the problems vibrations cause, help reduce the big problem noise causes, and also reduce the accelerated wear of mechanical parts. The research was developed from a qualitative focus, whose first goal is to confirm how insufficient is pretending to train competent engineers in the careers involved by only taking written evaluations to them (classroom tests or homeworks); laboratory practices become indispensable in our subject. Gathering data consisted in proposing questionnaires through Delphi’s method technique to engineers and graduates who work in their profession, and also to young students who were doing professional and pre-professional practices. Likewise, surveys were done to students who take the subject compulsorily and to those who do not take it, but coursed their ninth or tenth period of their careers at FIM, concluding how indispensable is that students with similar training to Mechanical Engineering be achieving capabilities in handling topics of Mechanical Vibrations from university classrooms, in order to solve binding field problems.

**KEYWORDS:** Generic competencies, mechanical vibrations, predictive maintenance.

# ÍNDICE

	<u>Página</u>
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN – PALABRAS CLAVE	4
ABSTRACT – KEYWORDS	5
INTRODUCCIÓN	11
PRIMERA PARTE: MARCO TEÓRICO	
CAPÍTULO I: COMPETENCIAS GENÉRICAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR	16
1.1. La formación en competencias: Clave para el aprendizaje a lo largo de la vida.	16
1.2. Definición del término “competencia”	20
1.3. Consideración de las áreas competenciales en la educación universitaria	28
1.4. Antecedentes históricos de la formación por competencias	29
1.5. Rastreo del origen pedagógico del modelo educativo por competencias	34
1.6. Competencias genéricas	37
1.6.1. Competencias genéricas según el Proyecto Tuning para América Latina (2007)	39
1.6.2. Competencias genéricas en la enseñanza de la Ingeniería	42
1.7. Competencias específicas	44
1.8. Competencias genéricas y específicas en la asignatura Vibraciones Mecánicas.	46
1.9. Competencias profesionales del docente.	49
CAPÍTULO II: FORMACIÓN, ADQUISICIÓN Y EVALUACIÓN DE	50

## COMPETENCIAS GENÉRICAS

2.1.	Proyectos formativos de competencias.	50
2.2.	Estructura general de un proyecto formativo	53
2.3.	Aprendizaje y enseñanza de las competencias	54
2.4.	Evaluación de competencias en un proyecto formativo	56
2.4.1.	Principios esenciales de la evaluación de las competencias en un proyecto formativo	57
2.4.2.	Implicancias del aprendizaje por competencias.	58
2.4.2.1.	Participación activa	60
2.4.2.2.	Mejora continua	60
2.4.2.3.	Información previa y oportuna	60
2.4.2.4.	Reflexión para la mejora	61
2.4.2.5.	Autoevaluación para ser competente	61
2.4.2.6.	Colaboración para fomentar valores	61

## CAPÍTULO III: LAS VIBRACIONES MECÁNICAS Y SUS CONSECUENCIAS EN EL DESARROLLO HUMANO

3.1.	Importancia del estudio de las vibraciones mecánicas	63
3.2.	La física de las vibraciones mecánicas y sus consecuencias	63
3.2.1.	¿Cómo tiene lugar una vibración mecánica?	63
3.2.2.	Naturaleza de los contenidos de la asignatura Vibraciones Mecánicas	64
3.2.3.	Consecuencias de las vibraciones de las máquinas	66
3.2.3.1.	En las máquinas	66
3.2.3.2.	En el cuerpo humano	66
3.3.	Aspectos legales sobre las vibraciones mecánicas y la emisión de ruidos en el Perú.	68

## CAPÍTULO IV: MANTENIMIENTO PARA PREVENIR VIBRACIONES

## MECÁNICAS

4.1. Breves antecedentes sobre el mantenimiento de máquinas.	71
4.1.1. Mantenimiento preventivo	71
4.1.2. Mantenimiento proactivo	72
4.1.3. Mantenimiento predictivo.	72
4.1.4. Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM)	73
4.2. Mantenimiento preventivo versus mantenimiento predictivo	73
4.2.1. ¿Por qué entonces mantenimiento predictivo antes que el mantenimiento preventivo?	74
4.3. Mantenimiento predictivo para vibraciones mecánicas	76

## SEGUNDA PARTE: MARCO METODOLÓGICO

### CAPÍTULO V: INVESTIGACIÓN Y PARADIGMA CUALITATIVOS 80

5.1. ¿Qué es la investigación cualitativa?	80
5.2. El paradigma cualitativo.	82
5.3. Características del paradigma cualitativo.	83
5.4. Importancia del paradigma cualitativo.	84
5.5. Paradigma interpretativo – cualitativo	85
5.6. Diseño de investigación cualitativa	86
5.6.1. Componentes del diseño de investigación cualitativa	87
5.6.2. Tipos de diseño de investigación cualitativa	89
5.7. Consideraciones éticas de la investigación.	90

### CAPÍTULO VI: TEMA Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 94

6.1. Enfoque de la investigación	94
6.2. Objetivo de la investigación	94
6.3. Categorías y sub-categorías estudiadas	95
6.4. Metodología de la investigación	96

6.4.1.	Contexto de la investigación	97
6.4.2.	Criterio de selección de la muestra de investigación	98
6.4.3.	Técnica e instrumentos de recolección de la información	100
6.4.3.1.	Diseño del cuestionario con el método Delphi	101
6.4.3.2.	Diseño de la encuesta	104
6.4.4.	Validación del instrumento	105
6.4.5.	Procesamiento y análisis de la información.	106
TERCERA PARTE: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		
CAPÍTULO VII: CONCEPCIÓN DE LAS PERSONAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN		108
7.1.	Concepción de los ingenieros o egresados.	108
7.2.	Concepción de los practicantes profesionales y pre-profesionales	110
7.3.	Concepción de los alumnos encuestados	111
7.3.1.	Alumnos de Ingeniería Mecánica – Eléctrica	112
7.3.2.	Alumnos de Ingeniería Mecánica	114
7.3.3.	Alumnos de Ingeniería Naval y Mecatrónica	115
CUARTA PARTE: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		121
Bibliografía		130
Anexos		138
I.	Artículo “2009 Sayano – Shushenskaya power station accident”.	139
II.	Formato de respuestas del cuestionario estructurado por el método Delphi a personas participantes.	146
III.	Formato de Protocolo de Consentimiento para Investigación.	148
IV.	Formato de Invitación para validación de instrumento.	149
V.	Formato de validación de instrumento.	150

VI.	Solicitudes de realización de encuestas a Directores de las Escuelas Profesionales de la FIM – UNI.	151
VII.	Encuesta de percepción sobre la asignatura Vibraciones Mecánicas para alumnos de Ingeniería Mecánica.	155
VIII.	Encuesta de percepción sobre la asignatura Vibraciones Mecánicas para alumnos de Ingeniería Mecánica – Eléctrica.	157
IX.	Encuesta de percepción sobre la asignatura Vibraciones Mecánicas para alumnos de Ingeniería Naval y Mecatrónica.	159
X.	Extracto del Reglamento de Evaluaciones de la UNI – Resolución Rectoral N° 0116 del 25 de enero del 2017.	161

## INTRODUCCIÓN

El campo de las vibraciones mecánicas es, además de una línea de carrera e investigación muy importante de la Ingeniería, uno de los factores que puede causar un desfavorable impacto ambiental, tanto en la performance de las máquinas como en los seres humanos por sus devastadoras consecuencias. Por lo general estos aspectos no son vistos con rigor por los alumnos durante sus estudios en las universidades que imparten las respectivas carreras de Ingeniería, y por lo tanto, cada vez que las vibraciones tengan que llevarlos a resolver problemas de campo, podrían adolecer de las competencias mínimas para dar una solución satisfactoria.

La base del presente estudio parte del dictado de la asignatura **Vibraciones Mecánicas** (en adelante “nuestra asignatura”) en la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), ofrecido discriminadamente a las cuatro carreras que ofrece desde el primer semestre académico del año 2009: es obligatoria para las carreras de Ingeniería Naval (M5) e Ingeniería Mecatrónica (M6), es electiva para la carrera de Ingeniería Mecánica (M3), y ni siquiera es ofrecida para la carrera de Ingeniería Mecánica-Eléctrica (M4). Sin embargo, las cuatro carreras están involucradas con el funcionamiento de máquinas.

Asimismo, la asignatura **Ingeniería de Mantenimiento**, que comprende algunos aspectos generales sobre mantenimiento predictivo aplicado al fenómeno de las vibraciones, es obligatoria solo en la carrera de M3, y es electiva para las carreras de M4 y M6. La carrera de M5 tiene la asignatura **Mantenimiento y Reparación de Maquinaria Naval**, aplicada a la industria naval.

Nuestra asignatura existe en la FIM desde inicios de la década de 1990, pero era ofrecida solamente en la Maestría en Ingeniería Mecánica con mención en Diseño de Máquinas, debido a que sus tópicos son de muy alto nivel académico, y entonces era inviable pretender su dictado en antegrado, porque se adolecía de la

tecnología que permitiera contar con computadoras con requerimientos mínimos de capacidad de procesamiento de datos y de softwares de simulación, los cuales empezaron a aparecer recién a inicios de la década del 2000.

Quienes estamos involucrados en la Ingeniería Mecánica y sus carreras afines sabemos que cualquier máquina vibra al funcionar; sin embargo, en el contexto en que se viene ofreciendo nuestra asignatura –únicamente con clases y evaluaciones en aula–, nuestros egresados no serán capaces de resolver ningún problema de campo cuando siquiera una máquina empiece a fallar por problemas de vibración, y se tendrán que asumir consecuencias muy serias si no se tomaron previsiones oportunamente; desde desgaste acelerado de sus partes mecánicas hasta graves enfermedades ocupacionales debido al ruido que su funcionamiento genera. Ante ello, es necesario que nuestros alumnos adquieran competencias suficientes para resolver cualquier problema de campo debido a la vibración de las máquinas desde los laboratorios y las prácticas pre-profesionales, sin descuidar conceptos esenciales sobre mantenimiento predictivo.

Previo a su estudio y aprendizaje, el alumno tiene que haber llevado las siguientes asignaturas indispensables que aseguren la adquisición de competencias genéricas para poder prever los serios problemas indicados arriba:

- Física I, II y III.
- Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Cálculo Vectorial, Ecuaciones Diferenciales y Métodos Numéricos.
- Dinámica y Resistencia de Materiales.

La presente tesis se ha propuesto el siguiente objetivo central: *Determinar las formas más pertinentes para desarrollar las competencias genéricas en la asignatura “Vibraciones Mecánicas” en las carreras de antegrado de un centro de educación superior*, y como objetivos específicos los siguientes:

- Identificar las competencias que se vinculan con nuestra asignatura.
- Identificar las competencias genéricas fundamentales.



- Analizar y describir las estrategias más pertinentes para el desarrollo de las competencias genéricas.

Realizar una investigación en esta temática es considerada fundamental, tal como lo expone Karnovsky (2016), porque los ingenieros que se forman en carreras profesionales que involucran a máquinas deben estar capacitados para lograr reducir el nivel de vibración de las máquinas y sus elementos en el campo (es decir, en una planta industrial o en una embarcación naviera), ya que en el tiempo ello se ha convertido en uno de los problemas más importantes en la ingeniería moderna. Asimismo, suprimir las vibraciones dañinas contribuye al normal funcionamiento de las máquinas, lleva a aumentar su confiabilidad, y sobre todo, reduce su impacto negativo en el cuerpo humano a favor del impacto ambiental positivo que implica.

Con la intención de orientar la investigación teniendo en cuenta la problemática descrita, se ha planteado la siguiente pregunta de investigación: *¿Cómo se pueden desarrollar competencias genéricas en la asignatura “Vibraciones Mecánicas” en las carreras de antegrado de un centro de educación superior?*

Con relación a las competencias, las genéricas o transversales para la vida son las esenciales que marcarán el norte de la presente tesis. Tobón (2015) las define como las fundamentales para alcanzar la realización personal, gestionar proyectos, contribuir al equilibrio ecológico y actuar en cualquier ocupación, puesto de trabajo y/o profesión. Según el egresado vaya adaptándose a su entorno laboral con el necesario apoyo de procesos formativos, los cuales posibilitarán la retroalimentación para realizar los ajustes pertinentes para identificar el nivel de dominio alcanzado, adquirirá finalmente sus competencias específicas.

Debe tenerse en cuenta que el Proyecto Tuning para América Latina (2007) ha establecido **veintisiete** competencias genéricas para la formación en todas las carreras profesionales, mientras que en nuestro contexto **once** de ellas coinciden con las competencias genéricas establecidas por la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET, 2003) que todo estudiante de Ingeniería debe tener al concluir sus estudios (cinco blandas y seis duras).

Así entonces, después de nueve años que nuestra asignatura es dictada en la FIM se observan falencias en su aprendizaje, que han traído consecuencias en las competencias mínimas que deben tener los alumnos al egresar, por lo que nuestra investigación analizará los factores y fenómenos que los ocasionaron desde la perspectiva de los estudiantes en un ambiente relacionado con el contexto, y cómo revertirlos.

La presente es una investigación general enfocada en el campo cualitativo, centrada en el diseño y planteamiento de una innovación educativa a nivel didáctico y organizativo para desarrollar competencias genéricas, considerando instrumentos didácticos (por ejemplo, softwares y prácticas de laboratorio) como núcleos de innovaciones, y contribuyendo –consecuentemente– a una mejor comprensión de la naturaleza y de las condiciones de aprendizaje (Rodríguez y Valldeoriola, 2009).

Se procedió de la siguiente manera:

- I. Se planteó un cuestionario mediante la técnica del método Delphi a ingenieros y egresados de las cuatro especialidades de la Facultad que en la actualidad están trabajando en sus respectivos campos profesionales.
- II. Se procedió del mismo modo con los egresados y estudiantes que ya realizaron sus prácticas profesionales o pre-profesionales respectivamente, esencialmente a los egresados de las carreras de M3 y M4, en las que la asignatura es aparentemente no indispensable.
- III. Se realizaron encuestas a los alumnos de las cuatro especialidades, con cuestionarios diferenciados para grupos en los que el curso es obligatorio, electivo, o ninguno de los dos (caso de M4).

El tratamiento y análisis de la información de trabajo empírico se realizó mediante la estrategia de la metacodificación, categorización y, finalmente, se organizaron las categorías y subcategorías en una estructura ordenada y lógica.

A pesar de la información hallada hasta la fecha, se deja constancia que la información específica sobre el tema de competencias en vibraciones mecánicas no es abundante (por lo menos en idioma español), debido al carácter especializado del tema específico. Asimismo, por el impacto global que tuvo, en el anexo I se presenta el artículo “2009 Sayano-Shushenskaya power station accident” (“accidente de la central hidroeléctrica de Sayano-Shushenskaya), publicado primero en idioma ruso en Wikipedia ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)) y posteriormente traducido al inglés, en el que se corrobora que la principal causa del accidente fue la vibración no controlada de un rodaje de una de sus turbinas, que causó su colapso total, con el saldo trágico de setenta y cinco personas muertas y pérdidas económicas del orden de 523 millones de dólares.

\*\*\*\*\*

# PRIMERA PARTE: MARCO TEÓRICO

## CAPÍTULO I: COMPETENCIAS GENÉRICAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR (ES)

### 1.1. La formación en competencias: Clave para el aprendizaje a lo largo de la vida

En la sociedad del siglo XXI la educación está viviendo un reajuste de sus enfoques: se demandan personas capaces de desenvolverse en contextos cambiantes y de resolver problemas de forma reflexiva y planificada, lo que significa formar personas capaces de (Álvarez et al, 2008, p. 17):

- Activar los conocimientos adquiridos y utilizar estrategias que permitan relacionar esos conocimientos para dar una respuesta acorde a los problemas, la situación y el contexto en que surgen.
- Ser capaces de trabajar en equipo poniendo en práctica habilidades sociales y de relación, asumiendo las responsabilidades que les correspondan.
- Tener iniciativa y capacidad para tomar decisiones de forma reflexiva.
- Ser capaces de administrar y gestionar el tiempo de manera eficaz y eficiente.

Por todo ello, la aparición y extensión del concepto de competencias a nivel internacional sitúa a todas las instituciones encargadas de la educación y la formación profesional ante dos retos singulares (Álvarez et al, 2008, p. 17):

- Formar a los estudiantes en los niveles obligatorios de educación para la adquisición de las competencias básicas.
- Ajustar los sistemas formativos con el objeto de que se habiliten para las necesidades de desempeño de los puestos de trabajo de los agentes educativos (docentes, direcciones, etc.), de forma que puedan responder a las nuevas necesidades y preparen al alumnado para adquirir un conjunto de competencias.

Asimismo, la sociedad moderna delega en la ES la función de desarrollar en los estudiantes las competencias que permitan actuar de manera eficaz en

ella. El perfil de egreso de cada especialidad define las características deseadas para desempeñarse de la mejor manera posible, tanto como profesional y como ciudadano (Villardón-Gallego, 2006).

Precisamente el perfil profesional define las competencias que permitirán a un egresado desempeñar adecuadamente sus funciones, mientras que el perfil ciudadano supone un “estar en la sociedad” de forma proactiva y comprometida con la mejora de la misma y el desarrollo propio y de los demás.

Asimismo, la transformación tecnológica, económica y social de este siglo afecta de una manera importante al ámbito laboral, variando los requerimientos profesionales con respecto a las competencias. En una sociedad en cambio, los profesionales deben ser adaptables, flexibles e innovadores, cualidades que se enlazan directamente con las competencias genéricas, cuyo desarrollo se convierte en un objetivo formativo innegable en la universidad (Villardón-Gallego, 2015).

Por ello, entendemos que la universidad no solo capacita, sino también forma personas con competencias específicas con capacidad de renovarlas y enriquecerlas en el curso de su vida, aun ya fuera de la institución; esto supone método y disciplina intelectual, así como opciones éticas y afirmación o rescate de valores (Vega, 2017).

A mayor sustento, aquellas competencias pueden ser innatas, pero deben ser enriquecidas, cultivadas o perfeccionadas permanentemente, ya que no se puede concebir como profesión algo que se hace en forma ocasional o improvisada. Más aún, el desempeño deseable de los profesionales está marcado por dos exigencias: Las competencias y el compromiso con la sociedad, lo cual se reflejará en su desempeño e imagen (Vega, 2017).

Probada la competencia profesional, éticamente el profesional no puede discriminar –por la razón que fuera– respecto a su dedicación y aciertos, a las personas que soliciten sus servicios y satisfagan sus exigencias (Vega, 2017).

Debemos estar convencidos que la competencia es una condición para el buen ejercicio de una actividad profesional, de manera que la incompetencia –o más precisamente, la mediocridad– influye o disminuye la condición complementaria antes expuesta; es decir, a falta de competencias no se puede ser un profesional bueno o ético. La situación inversa –es decir, de una supercompetencia sin ética– tampoco es aceptable o legítima (Vega, 2017).

Así entonces, el desarrollo de competencias en los alumnos dependerá de manera decisiva si los docentes están preparados no solo por el conocimiento de su asignatura, sino también si es preparado para exponerla competentemente, y para ello el empleo adecuado de las tecnologías de la información y comunicación (en adelante las TIC) juega un papel decisivo; en caso contrario, cualquier intento de cumplir con nuestro noble objetivo será vano. Por todo ello, García (2009, p. 60) sostiene lo siguiente:

Educar no implica plasmar sin más unos contenidos o destrezas aprendidos, sino saber dotarlos de sentido y saber aplicarlos en cada situación de forma autónoma y responsable. En esta línea está cobrando una importancia muy similar la formación en competencias, al entender que ésta nos facilita la capacidad de afrontar demandas complejas en un contexto determinado, poniendo en relación y movilizandopre-requisitos psicosociales que incluyen aspectos tanto cognitivos como no cognitivos.

Pero, “¿qué se entiende por competencia?”. García (2009) sostiene que es un término complejo y ambiguo, debido principalmente al carácter polisémico que se le atribuye. Sin embargo, sí podemos resaltar sus componentes esenciales (p. 60):

- a) La variedad de elementos que contiene, tanto personales como los relacionados con los contenidos en los que se desenvuelve.
- b) Su finalidad eminentemente activa, que tendrá sentido únicamente si se concreta en conductas.
- c) La necesaria utilidad de toda competencia para adaptarse a cualquier contexto, especialmente laboral, que según Navío (2005), deberá ser siempre un aprendizaje polivalente y flexible.
- d) Un saber actuar eficaz, eficiente, intencionado e inmediato, que según Marcelo (2005), es capaz de generar nuevos aprendizajes.

También, García señala lo siguiente (2009, p. 61):

Un factor esencial que destaca cuando se aborda el concepto de competencias es que ésta no es el resultado de aprender un solo aspecto, sino la conjunción de varios aspectos, tanto personales como relativos a un contexto (.....). Implica a la vez valores, actitudes y otros factores determinados que, interrelacionándose con las capacidades del estudiante, sus aptitudes, experiencias y conocimientos previos, saben transferir todo lo aprendido para resolver nuevas situaciones, que a su vez generan nuevos aprendizajes, gracias a lo cual se garantiza una formación permanente.

Por ello, están dirigidas siempre al logro de resultados útiles en un contexto determinado, pero teniendo en cuenta que cada escenario siempre está inmerso en un proceso de cambio, por lo que cada uno y de forma permanente estará inmerso necesariamente en un proceso de formación.

Tener competencias implica movilizar información, conocimiento, capacidad de saber mostrarlas y aplicarlas a situaciones inéditas, complejas, nuevas, etc., de forma autónoma y responsable. Por ello, parafraseando a Villa y Poblete (2007), ser competente implica:

- a) *Saber* los conocimientos teóricos específicos de cada área científica o académica.
- b) *Saber hacer*, es decir, aplicar el conocimiento en forma práctica y operativa a situaciones determinadas.
- c) *Saber convivir* con actitudes personales e interpersonales que facilitan la convivencia y el trabajo con los demás.
- d) *Saber utilizar* estratégicamente el conocimiento y perfeccionarse, gracias a las competencias metacognitivas.
- e) *Saber ser*, teniendo a los valores humanísticos como elementos integradores del modo de percibirse y vivir en el mundo.

El dominio de estas competencias implica la superación de una serie de niveles de logro, en los que todo individuo debe estar permanentemente empeñado. De forma sencilla, García (2009) explica que la adquisición de competencias posee tres niveles:

- En un nivel básico, en la medida que el estudiante posee el conocimiento elemental y necesario para desarrollar determinada habilidad.

Como punto de partida, antes de conocerse el informe del Proyecto Tuning para América Latina (2007), la Ley Orgánica de Educación Española (LOE) estableció en el año 2006 ocho competencias básicas para poder continuar con la adquisición de competencias de nivel superior, según lo resume García (2009, p. 62):

1. Competencia en comunicación lingüística.
  2. Competencia en matemáticas.
  3. Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.
  4. Tratamiento de la información y competencia en TIC.
  5. Competencia social y ciudadana.
  6. Competencia cultural y artística.
  7. Competencia para aprender a aprender.
  8. Autonomía e iniciativa personal.
- En un nivel intermedio, en el que es capaz de aplicar ese conocimiento o destreza en diferentes situaciones.
  - En un nivel avanzado, en el que la persona ya es capaz de integrar esa destreza en su vida en diferentes circunstancias, haciendo un uso personal de la misma.

Lo anterior significa, que para poder empezar a formarse en competencias, el individuo debe poseer necesariamente las de nivel básico, siguiendo con las competencias genéricas o transversales, concluyendo con las específicas.

## **1.2. Definición del término “competencia”**

El término “competencia” ha sido objeto de numerosos intentos de definición desde diversos enfoques. En el lenguaje coloquial se entiende como “hacer buen uso de funciones y atributos”, o también como “disputa, rivalidad, etc.”, acepciones ambas que son recogidas por la Real Academia de la Lengua Española (RAE) (Álvarez et al, 2008).

No obstante, hay que señalar que con frecuencia se relaciona otros términos como: capacidad, aptitud, habilidad, destreza, etc., voces que en el



diccionario de la RAE no aparecen claramente diferenciadas, según se aprecia en la tabla 1:

**TABLA 1: Significado de palabras vinculadas al término “competencia”, según la RAE.**

<b>PALABRA</b>	<b>SIGNIFICADO SEGÚN LA RAE</b>
Competencia	Pericia, aptitud, idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado.
Aptitud	Capacidad para operar competentemente en una determinada actividad.
Capacidad	1. Propiedad de una cosa de contener otras dentro de ciertos límites. Por ejemplo, capacidad de una vasija, de un local. 2. Aptitud, talento, cualidad que dispone alguien para el buen ejercicio de algo.
Habilidad	Capacidad o disposición para algo.
Destreza	Habilidad, arte con que se hace una cosa.

Fuente: Elaboración propia.

Así entonces, podemos inferir que las definiciones de la palabra “competencia” son muy diversas, pero pueden extraerse algunos elementos esenciales, que marcan lo esencial del concepto (Corominas et al, 2006):

- Está vinculada a la acción; es decir, se debe realizar, actuar.
- Se lleva a cabo en un contexto determinado.
- Integra diferentes elementos (saberes, procedimientos, actitudes).
- Favorece la resolución de situaciones profesionales y sociales.
- Se puede aprender.

Así entonces, la necesidad de incorporar las competencias genéricas a la formación universitaria es innegable. Por ello, se proponen tres entornos posibles para su desarrollo (Villardón-Gallego, 2015):

1. Incorporarlas al sílabo de cada asignatura, de modo que cada profesor sea quien asuma esta formación.

2. Trabajarlas en asignaturas electivas, centradas en esas competencias.
3. Desarrollarlas en acciones formativas paralelas al sílabo.

Para la Unión Europea (Figel, 2007), las competencias se definen como una combinación de conocimientos, capacidades y actitudes adecuadas al contexto. Las competencias genéricas son aquellas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personales, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo.

Este enfoque establece ocho competencias genéricas, a saber:

1. Comunicación en lengua materna.
2. Comunicación en lenguas extranjeras.
3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
4. Competencia digital.
5. Aprender a aprender.
6. Competencias sociales y cívicas.
7. Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa, y
8. Conciencia y expresión cultural.

Sin embargo, estas competencias estarán completas si se aplica una serie de temas involucrados: el pensamiento crítico, la creatividad, la capacidad de iniciativa, la resolución de problemas, la evaluación del riesgo, la toma de decisiones y la gestión constructiva de los sentimientos.

Para Coll (2007), el interés fundamental del concepto de competencia reside en el hecho que proporciona una mirada original y muy sugerente para abordar un aspecto nuclear y extremadamente complejo de la educación: la identificación, caracterización y organización de los aprendizajes; es decir, las decisiones relativas por las que debe esforzarse el alumno, y lo que el profesor debe intentar enseñar en los centros de educación.

Es decir, para Coll, ser competente en un campo de acción significa, desde este enfoque, ser capaz de activar y utilizar los conocimientos relevantes para afrontar determinadas situaciones y problemas relacionados con dicho campo. Sin embargo, el concepto de competencia sigue enfrentando algunas limitaciones teóricas y prácticas de difícil solución, y por otra, su uso tiene implicancias negativas y genera prácticas discutibles, por las siguientes razones:

En primer lugar, las propuestas consistentes en definir los aprendizajes únicamente en términos de competencias, prescindiendo de la identificación de los contenidos y conocimientos que movilizan, son engañosas y resultan contradictorias con el mismo concepto de competencia.

En segundo lugar, la definición de los aprendizajes exclusivamente en términos de competencias desvinculadas de los contextos socio-culturales de adquisición y de uso puede dar lugar a un proceso de homogenización curricular que acabe ahogando la diversidad cultural. En ese sentido, tomar en cuenta los saberes asociados a las competencias no es solo una necesidad para asegurar su adquisición y desarrollo, sino también es una garantía para hacer compatibles dos aspiraciones irrenunciables en el mundo actual:

- Educar al alumno para el ejercicio de una “ciudadanía universal”.
- Educar al alumno para el ejercicio de una ciudadanía enraizada en la realidad social, cultural, nacional y regional de la que forma parte.

En tercer lugar, los enfoques basados en competencias pueden acabar generando la falsa ilusión de que la identificación y selección de los aprendizajes son procesos fáciles que pueden y deben ser abordados desde la más estricta neutralidad ideológica.

Para la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2006), una competencia es más que conocimientos y destrezas. Involucra la habilidad de enfrentar demandas complejas, apoyándose en y movilizandorecursos psicosociales (incluyendo destrezas y actitudes) en un contexto particular.

En este enfoque, el proyecto DeSeCo (Definición y Selección de Competencias), promovido por la OCDE, define la frase “competencia básica” de la siguiente manera, con parafraseo de Pagliarulo (2010, p. 11):

Las competencias básicas son un conjunto complejo de conocimientos, habilidades, actitudes, valores, emociones y motivaciones que cada individuo o cada grupo pone en acción en un contexto concreto para hacer frente a las demandas peculiares de cada situación. Así, se consideran competencias fundamentales a las imprescindibles que necesitan todos los seres humanos para hacer frente a las exigencias de los diferentes contextos de su vida como ciudadanos. Dichas competencias, llamadas también “claves”, son importantes para muchas áreas de la vida, que contribuyen a una vida satisfactoria y al buen funcionamiento de la comunidad social.

Por lo tanto, cuando dichas competencias se logren, se podrán alcanzar otras más complejas mediante su ejercicio, y a medida que se afiancen en la educación básica, la educación superior tendrá el deber de consolidarlos en los individuos para hacerlos competentes en el campo laboral y a proseguir su formación de manera autónoma.

Para Monereo y Pozo (2007), ser competente no es solo ser hábil en la ejecución de tareas y actividades concretas acorde a cómo fueron enseñadas, sino más allá de eso; ser capaz de afrontar nuevas tareas o retos a partir de habilidades adquiridas, que supongan ir más allá de lo ya aprendido.

Así entonces, una competencia vendría a ser un conjunto de recursos potenciales (saber qué, saber cómo, saber cuándo y por qué) que posee una persona para enfrentarse a problemas propios del escenario social en el que se desenvuelve. Seguidamente, terminan ellos sugiriendo que casi todos los autores, estudiosos y políticos estarían de acuerdo en considerar las siguientes macrocompetencias (Monereo y Pozo, 2007, p. 17):

1. Relacionadas con el escenario educativo, competencias para gestionar el conocimiento y el aprendizaje: Ser un aprendiz permanente.
2. Respecto al escenario profesional y laboral, competencias para el acceso al mundo laboral y al ejercicio profesional: Ser un profesional eficaz.
3. En cuanto al escenario comunitario, competencias para la convivencia y las relaciones interpersonales: Ser un ciudadano participativo y solidario.

4. En relación al escenario personal, competencias para la autoestima y el ajuste personal: Ser una persona feliz.

Para García (2011), las competencias vienen a ser una parte de la capacidad adaptativa cognitivo-conductual inherente al ser humano, que son desplegadas para responder a las necesidades específicas que las personas enfrentan en contextos socio-históricos y culturales concretos, lo cual implica un proceso de adecuación entre el sujeto, la demanda del medio y las necesidades que se producen, con el fin de poder dar respuestas y/o soluciones a las demandas planteadas.

También son muy relevantes las definiciones de “competencia” dadas por reconocidos estudiosos del tema, según lo expone Rodríguez (2006, p. 37):

- Le Boterf (2001): Define la competencia como un saber actuar responsable y validado, combinando diferentes recursos endógenos (capacidades, aptitudes, formación, experiencia) y exógenos (redes de comunicación, de documentación, de experimentos, de herramientas, etc.). La competencia permite, en una situación profesional dada, obtener los resultados esperados (desempeño).
- Bunk (1994): “La competencia es aquel conjunto de conocimientos, de destrezas y de aptitudes que se precisan para ejercer una profesión, para resolver problemas profesionales de una manera autónoma y flexible, y para colaborar en el contexto y en la organización laboral”.
- Descy y Tessaring (2002): En su informe del 2002, Pascaline Descy y Manfred Tessaring, asesores del CEDEFOP<sup>1</sup>, hacen un cuadro selectivo de las diferentes definiciones, en estos términos:
  - Capacidades profesionales (skills) – Conocimientos o experiencias relevantes que permiten realizar una tarea o actividad profesional; y también el resultado de una enseñanza, formación o experiencia que, combinado con el saber práctico apropiado, es característico de los conocimientos técnicos.
  - Competencia (competente) – Aptitud demostrada individualmente para utilizar el saber práctico (know-how), la capacidad profesional, las calificaciones o los conocimientos teóricos para afrontar situaciones y requisitos profesionales tanto habituales como cambiantes.
  - Competencias generales (Generic skills) – Las competencias que sustentan el aprendizaje durante toda la vida; no solo la lecto-escritura o la numeración (competencias básicas), sino también competencias de comunicación, resolución de problemas, trabajo en equipo, toma de

---

<sup>1</sup> CEDEFOP: Centro Europeo para el Desarrollo de la Formación Profesional.

decisiones, pensamiento creativo, informática y aptitud para la formación continua.

- Competencias clave o transversales (Key/core skills) – Conjunto de competencias complementarias a las competencias básicas y a las competencias generales que permiten al trabajador: adquirir más fácilmente nuevas competencias, adaptarse a las nuevas tecnologías y los nuevos contextos organizados, tener movilidad en el mercado de trabajo y desarrollar su propia carrera profesional.

Así entonces, las competencias a desarrollar contribuirán a dominar los instrumentos socio-culturales necesarios para interactuar en el conocimiento, permitir la interacción en grupos heterogéneos, potenciar el actuar de un modo autónomo y comprender el contexto de desempeño, lo cual reafirma que las competencias demandarán una acción personal de compromiso en el marco de las interacciones sociales, en donde tendrán su expresión concreta.

En consecuencia, el enfoque educativo por competencias conlleva a movilizar los conocimientos, integrarlos de manera holística y ligarlos con el contexto, asumiendo que la gente aprende mejor si tiene una visión global del problema que requiere enfrentar. Sin embargo, Coll (2007) sostiene que, siendo las competencias de carácter esencialmente personal e individual, para impulsarlas desde la misma institución educativa se requiere conocer y respetar las capacidades cognitivas de los alumnos, lo que implica determinar sus estilos de aprendizaje y abordar los procesos cognitivos que los caracterizan a través de la organización de actividades relacionadas con cada asignatura.

Las definiciones sobre competencias dadas por García (2009, p. 63) son muy interesantes, las cuales se enuncian a continuación:

Las competencias básicas o claves permiten actualizar a toda persona sus conocimientos y destrezas en forma permanente, de tal manera que logra mantenerse al corriente de los nuevos avances, gracias a que es capaz de resolver las distintas situaciones que la vida le va planteando. Se entiende que estas competencias clave son la lectura, la escritura y el cálculo, indispensables para garantizar cualquier aprendizaje posterior.

Por su parte, las competencias genéricas son aquellos conocimientos, destrezas, habilidades, actitudes, etc., necesarios para resolver cualquier situación que nos ayuda a afrontar la vida cotidiana, ya sea en el contexto familiar, social, profesional, etc. Su transversalidad nos lleva a reconocer su presencia

en diferentes contextos, lo que exige que sean trabajadas a lo largo de la vida, y en diferentes escenarios de aprendizaje.

En cambio, las competencias específicas, a su vez, son las que se exigen en cada sector profesional para resolver y atender de la forma más adecuada diferentes funciones y situaciones laborales propias de esa profesión. En ellas se recogen las competencias propias de un perfil profesional. Se expresarán a través de conocimientos relacionados con ese perfil y habilidades específicas de su práctica profesional.

Si interrelacionamos los tres tipos de competencias (figura 1), garantizamos un aprendizaje realmente formativo, ya que no solo se aportan contenidos específicos de la ocupación profesional, sino también, y aún más importante, la comprensión de lo que se hace y lo que se debe llevar a cabo en cualquier contexto, el papel que debe desempeñar en la sociedad actual, la capacidad de aprender, de desaprender, de cambiar y de aprender de los errores (García, 2009).

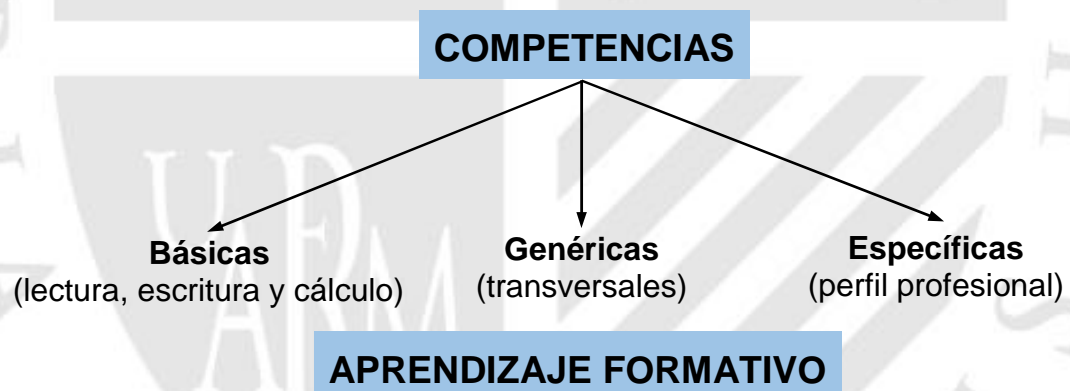


Figura 1. Interrelación de las competencias formativas (Fuente: García, 2009, p. 63)

Como colofón de todas las definiciones del término “competencia” ofrecidas, el autor de la presente tesis considera que la mejor definición asociada al término para el contexto universitario es la siguiente (mejor parafraseada que la dada por Monereo y Pozo (p. 24)):

Decimos que una persona tiene competencias cuando posee un conjunto complejo de aptitudes para afrontar problemas propios del entorno profesional en el que se desempeña.

### 1.3. Consideración de las áreas competenciales en la educación universitaria

La universidad tiene la misión esencial de formar al profesional universitario en primer lugar como persona; en segundo lugar como profesional que ha de desempeñar un trabajo para el que está siendo preparado, y en tercer lugar como ciudadano; los tres logros podrían llamarse competencias cívico – sociales (Villa y Villa, 2007). El enfoque basado en competencias conjuga pues, quizá como ninguno, la integración de todas estas dimensiones de formación, que se puede representar en la figura 2, en la que se distinguen las tres áreas competenciales que integran dicho enfoque, y lo configuran demostrando que el aprendizaje basado en competencias permite un desarrollo integral de la formación del estudiante, y la universidad debe enfatizar, otorgar la importancia y el tiempo que dedicará a cada área en sus planes de estudio respectivos y en la formación informal que desarrolla a través de sus diferentes actividades universitarias.

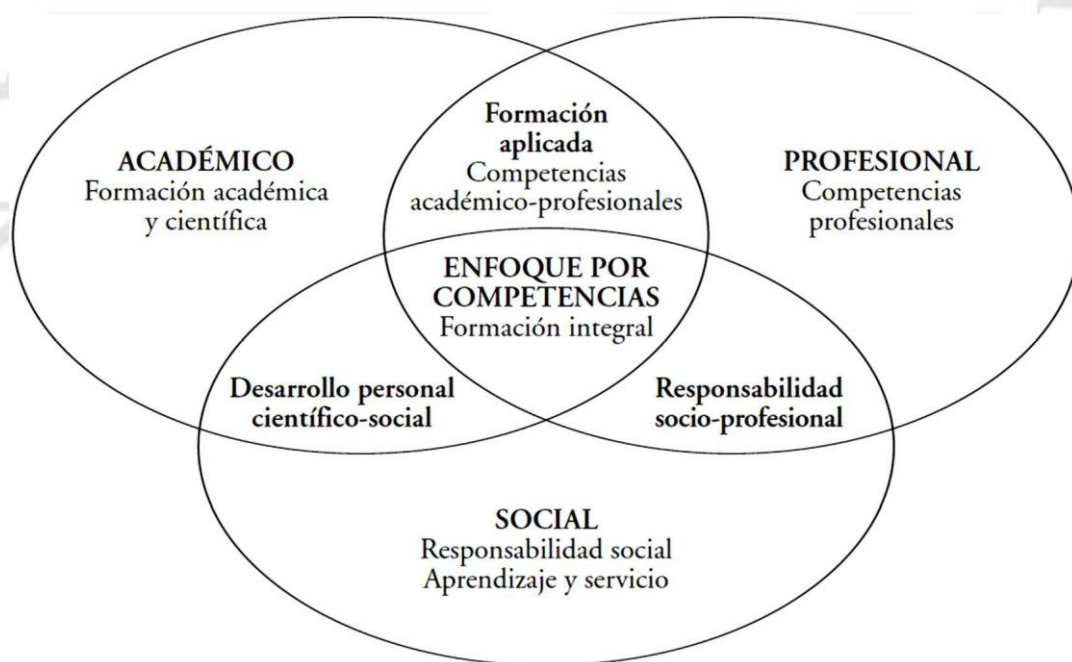


Figura 2. Áreas competenciales del estudiante universitario (Fuente: Villa y Villa, p. 20)

Queda claro entonces que si la universidad no integra estos elementos en sus actividades formales e informales de formación, ésta no se podrá lograr de manera integral. Además, hay que tener en cuenta que la complejidad



conceptual del enfoque por competencias está muy vinculado al enfoque didáctico – pedagógico; es decir, sin un cambio metodológico claro y sin un cambio en la forma de pensar, planificar, desarrollar y evaluar el proceso enseñanza – aprendizaje, el aprendizaje basado en competencias será una moda pasajera, una oportunidad perdida y un sueño educativo más.

Así pues, si queremos empezar a formar estudiantes competentes, es indispensable adoptar un cambio de paradigma que suponga modificar hábitos y costumbres de profesores y estudiantes, y un cambio en la sociedad que debe comprender el esfuerzo que ésto va a suponer y los recursos extras que las universidades necesitarán para hacer que el cambio sea factible; de lo contrario, el esfuerzo habrá sido estéril y frustrante (Villa y Villa, 2007).

#### **1.4. Antecedentes históricos de la formación por competencias**

La formación por competencias es uno de los objetivos esenciales de la universidad actual; sin embargo, debe destacarse que el interés por ellas no surge en el contexto universitario, sino en el mundo laboral en la década de 1870 (González y González, 2008). Así entonces, debemos señalar que el término “competencia” –así entendido– surge en lugar del término “calificación”. La razón del cambio viene por la necesidad de sustituir una formación, frecuentemente descontextualizada y alejada de las situaciones reales de aprendizaje, a la que se designa como “calificación” por otra más flexible y menos instrumentalista que permita a la persona gestionar su potencial ante la realidad que se le presenta, poniendo en práctica su capacidad para responder a situaciones complejas de forma eficaz; a esta formación se le denomina “competencia” (Álvarez et al, 2008).

El inicio del enfoque por competencias tuvo lugar en 1973 por parte de David McClelland<sup>2</sup>, que destacó por sus críticas a las pruebas de inteligencia

---

<sup>2</sup> Psicólogo norteamericano especializado en el estudio de la personalidad y la motivación. Destacó por haber desarrollado medidas cuantitativas aplicadas a los motivos de logro, poder y afiliación en el desarrollo económico, el liderazgo, la guerra y la paz. Destacó asimismo por su crítica al concepto unitario de inteligencia y a las pruebas de inteligencia y por sus esfuerzos para identificar otras formas de competencia (Fuente: Rubio, 2012).

y –en particular– al uso que se les daba: Seleccionar a los postulantes a la universidad. Terminadas sus investigaciones, consideró que la cuestión clave era determinar la validez de dichas pruebas de inteligencia. Además, concluyó que las pruebas de aptitud que los psicólogos empleaban tradicionalmente para pronosticar el desempeño laboral no cumplían su fin; es decir, carecían de validez, y asimismo otras medidas tradicionales usadas en el proceso de contratación de personal eran igualmente limitadas para vaticinar el éxito en el trabajo, por lo cual se planteó la siguiente pregunta: *“¿Cómo probar la competencia, si es que se puede emplear la palabra como símbolo para una aproximación alternativa a la prueba tradicional de inteligencia?”*

Así fue entonces cómo McClelland introdujo el término “competencia” como alternativa al término “inteligencia” en el contexto de la investigación psicológica relativa a la predicción del desempeño estudiantil y laboral, basada en las pruebas de inteligencia de su época (Rubio, 2012).

Debemos tener muy en cuenta que una constante en la historia es la preocupación del hombre por la formación e instrucción de sus hijos, de la expansión cultural y de la elaboración de teorías explicativas de grandes procesos. Los atenienses acuñaron la palabra “paideia”, que resume todas estas preocupaciones considerándolas a la luz de sus relaciones recíprocas, las que proponen una educación integral y consciente (Pagliarulo, 2010).

Asimismo, se ha podido constatar que no es posible abordar el concepto de competencias desde una sola disciplina, sino que se requiere integrar la contribución de muchas disciplinas para abordar las distintas dimensiones del actual humano en los diversos contextos en que se lleva a cabo. Es así que en la actualidad se tiene avances en la construcción de competencias desde un marco teórico unificado, fruto de múltiples aplicaciones en instituciones educativas, organizaciones sociales y empresas.

En lengua castellana, se ha convenido utilizar la acepción “formación”, porque aparece como la acepción –quizás más fiel– de la traducción alemana

de “bildung”. Los tres vocablos nos remiten, casi con una semejanza total, al proceso de desarrollo del sujeto, considerado en su articulada globalidad y comprendido en su plural forma de vivir y actuar en el mundo. Sin embargo, en la idea de “bildung” se entrecruzan y compenetran la dimensión corpórea, intelectual y moral del sujeto, que abriéndose a la relación con el universo de las cosas, de los signos y de los símbolos de la naturaleza y de los otros seres, se configura en el mundo y la intersubjetividad de acuerdo con sus propias posibilidades de actuar y sentir (Pagliarulo, 2010).

Después de este breve desarrollo en que se pretende poner en claro el parentesco semántico de los conceptos de “paideia”, “bildung” y “formación”, hay que destacar la función de la educación y la intervención de los educadores para estos procesos, por lo que la educación basada en competencias se podría asimilar a los tres vocablos analizados y relacionados; todos se orientan al significado de construcción de los conocimientos diversificados (teóricos, metodológicos, relacionales y técnicos) que respaldan la autonomía y eficiencia del accionar de un individuo situado, es decir, dentro de un contexto de estudio, función, trabajo o misión.

Con respecto a las competencias, Arriaga (2015, p. 1) sostiene lo siguiente:

Los maestros definimos la palabra “competencia” frecuentemente con las siguientes frases: desarrollar habilidades, incrementar destrezas, aumentar capacidades y mejorar actitudes; conceptos que por sí mismos resultan ambiguos. Es decir, las múltiples palabras con que asociamos las competencias carecen de especificidad con otros términos que hacen complejo el concepto, porque los procesos constituyen acciones que deben tener un inicio y un final identificable, que implican la articulación de los diferentes elementos que van en concordancia con las demandas o requerimientos del contexto.

La mexicana Barriga (2015, p. 66-68) sostiene lo siguiente:

La entrada del discurso de las competencias en la educación ..... suele identificar como vertientes originarias una cierta reestructuración de la noción de capacitación en destrezas laborales y certificación de puestos de trabajo proveniente del campo de la empresa, que toma como recurso metodológico el análisis conductual de puestos y tareas.

Desde nuestra perspectiva, hemos planteado que el enfoque por competencias y su traslado al campo educativo (.....) nacen de un interés orientado a vincular al sector productivo con las instituciones educativas (.....). El interés primordial se ubicó, en sus orígenes, en la promoción, evaluación y certificación de competencias definidas de común acuerdo con el sector productivo, con el compromiso de las instituciones educativas de replantear sus programas de estudio en tal dirección. En este caso, lo usual es que la competencia aluda a un saber hacer que conduce a un desempeño eficiente, que se puede demostrar mediante ejecuciones observables (.....).

Así, con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial, y con el advenimiento de la internacionalización y globalización de la economía de mercado, se inició un movimiento que impactó en la formación de profesionales bajo principio de conocer es demostrar su competencia (.....). Así apareció el concepto referencial de competencias.

El peruano Barriga (2004) expone su posición sobre la palabra “competencia” en su preocupación por precisar el carácter que se le debe dar en la educación. Al respecto, dice él (p. 44-45):

“Competencia” es justamente una de esas palabras ambiguas. Todos los diccionarios aluden al menos a tres significados: a) competencia como rivalidad; (dos atletas que compiten en la cancha), b) incumbencia (“no es de su competencia.....”), y c) Aptitud. Idoneidad.

Este último significado es el que interesa para el caso de la educación.

Prosigue Barriga:

- a) En primer término, competencia en tanto aptitud, es un tipo de capacidad humana. Un tipo de capacidad consistente en hacer algo. Para producir algo tangible. En la competencia algo viene a la existencia y se evidencia en una obra.

Las competencias se ubican, pues, en el plano de los comportamientos que consisten en hacer, no en el plano del pensar ni del sentir afectivo.

Las competencias consisten en hacer cosas, no en conocerlas ni en las actitudes que tengamos ante las cosas. Pero, ....., el conocimiento y las actitudes son factores indispensables para el logro de las competencias.

- b) En segundo término, (.....) todo hacer humano implica entonces una técnica.

El dominio cognitivo de un conjunto de procedimientos para hacer algo por parte de un sujeto, constituye lo que se llama saber procedimental, o saber técnico, o saber hacer.

- c) En tercer término, las competencias son capacidades para hacer algo, pero

no de cualquier modo, sino algo que se evidencie en una obra bien hecha.

La competencia para hacer algo implica entonces idoneidad, excelencia en hacer. (.....). Se dice que alguien es competente cuando se muestra excelente en el hacer algo. El valor de la competencia se encuentra en la obra o artefacto productivo.

Consecuentemente, la formación o educación basada en competencias llegó a la educación superior fundamentalmente para un mayor acercamiento entre la educación y el trabajo, pero en la actualidad son varias otras las razones que la justifican y estimulan. Irigoin (2005, p. 3) sostiene algunos argumentos como los siguientes:

- a) La formación por competencias está probando ser una herramienta válida para la concreción de lo que el informe D lors (1996) plantea como los cuatro pilares del aprendizaje del siglo XXI: conocer y aprender a aprender, saber hacer, saber ser y saber vivir en paz con los demás.
- b) La capacidad de la formación por competencias de abordar el currículo como texto (planes, programas de estudio y materiales), como prácticas docentes (implementación curricular) y como evaluación de los aprendizajes.
- c) Las competencias proveen una metodología y un lenguaje común que permitiría aumentar la legibilidad, comparabilidad y competitividad de los títulos profesionales, debido a que existe un vínculo efectivo entre la educación y el trabajo.
- d) Las competencias forman parte de la corriente principal de esfuerzos tan importantes del proceso de Bolonia, como lo es el proyecto Tuning, que establece “cuatro líneas de enfoque” para la construcción de un área de convergencia de la educación superior:
  - d.1. Competencias genéricas.
  - d.2. Competencias específicas.
  - d.3. El papel del Sistema Europeo de Transferencia de Créditos.
  - d.4. Enfoques de aprendizaje, enseñanza y evaluación en relación con la garantía y control de calidad.
- e) Es cada vez más generalizado el uso de las competencias para la homologación de mallas curriculares y la certificación y re-certificación de profesionales.
- f) La condición de conocimientos en construcción que tiene la formación por competencias permite contar con conceptos y herramientas, a la vez que disponer de un campo amplio de exploración en que la educación superior tiene una oportunidad excelente de contribuir y crear para mejorar y/o modificar lo que se estime conveniente.

### 1.5. Rastreo del origen pedagógico del modelo educativo por competencias

Según ha transcurrido el tiempo, se ha comprobado que los modelos educativos emergen de escenarios sociales, culturales y políticos determinados por la sociedad, y encarnan la visión del gran ideal sobre el “hombre a formar”, encadenando la idea elemental del ciudadano educado bajo el compendio de conocimientos que aglutina una cultura con visión “durkheimiana<sup>3</sup>”, el legado de una generación a otra y la educación vista como una institución social (Chagoyán, 2011).

Cada vez que se propone un nuevo enfoque educativo, éste trata de responder a un sinnúmero de necesidades sociales, y son planteadas para contrarrestar la poca o nula efectividad de las anteriores, encaminados a pesar que los cambios pueden ser positivos para un bien común, lo cual constituye el paradigma teleológico de la educación (Gimeno, 2011).

Los enfoques educativos no van solos; se acompañan de un sinnúmero de expectativas de diversos actores sociales, viendo en ellos la panacea para el cambio o una moda pasajera. Es por ello que su aceptación se convierte en la discusión interminable de quienes están directamente involucrados, cruzando discursos epistemológicos, pedagógicos, políticos y sociales; cada uno desde su trinchera ideológica defiende o desacredita los nuevos enfoques educativos (Chagoyán, 2011). En nuestro caso el modelo por competencias, de cuyo origen pedagógico es posible rastrear e intentar comprender sus lógicas, siempre bajo la mirada educativa, y teniendo en cuenta que toda estrategia educacional lleva consigo una carga política que la enaltece, se caracteriza por contener acciones que pueden inclusive contradecir la esencia de lo que se busca.

---

<sup>3</sup> Corriente proveniente del sociólogo, pedagogo y antropólogo francés Émile Durkheim, quien en su obra *“Las reglas del método sociológico”* propone dos tesis centrales, sin las cuales la Sociología no sería una ciencia:

1º) Se debe tener un objeto específico de estudio. A diferencia de la Filosofía o la Psicología, el objeto de estudio de la Sociología son los hechos reales.

2º) Se debe respetar y aplicar un método científico reconocido, lo más próximo posible a las ciencias exactas, el cual debe evitar a toda costa los prejuicios o juicios subjetivos.

El concepto de hombre ha cambiado con la modernidad. Al respecto, Chagoyán (2011, p. 2) sostiene lo siguiente:

Ciencia y tecnología desplazan las finalidades ontológicas del ser humano por la búsqueda del logos, y reconfigura nuevas formas de percibir la realidad (.....). Así, el estructuralismo construye su noción mediante pedagogías con una visión reproductiva basado en el instruir e informar, mientras que la llamada “escuela nueva” transfiere el pensamiento del hombre positivista con un saber actuar, instruyendo en el hacer científico.

Por otro lado, las concepciones existencialista, personalista y comunista transfieren en sus modelos educativos una pedagogía transformadora encaminada a la formación de la personalidad, socialización y liberación del individuo. Todas ellas conforman grandes tradiciones teóricas pedagógicas bien fundamentadas, que se traducen en didácticas educativas, intentando responder a épocas, contextos diferenciados, métodos, técnicas y destinatarios.

Sin embargo, en contraposición del hombre instrumentalista y los métodos conductistas adoptados para su educación emerge el Constructivismo, corriente filosóficamente fundamentada en el Humanismo, que concibe al hombre como un ser que busca la trascendencia y autorrealización mediante una escala de valores y un compromiso responsable con los demás, una vivencia en comunidad. Por otro lado, plantea una visión psicopedagógica que entiende a los seres humanos como creadores activos de su propio conocimiento, basados en lo que se sabe mediante la interacción con otros y el medio (Pimienta, 2007).

Al respecto, Chagoyán (2011) hace una interesante reflexión, manifestando que el Constructivismo en la educación rechaza las metodologías conductistas, así como todas aquellas que definen las formas por las que habrá de transitar conocimiento en el estudiante, y los métodos memorísticos o de repetición, contrario al esquema de aprendizaje significativo, sin soslayar que este enfoque educativo no fue suficiente para contrarrestar el fuerte empuje ideológico de la “globalización”, empeñado en homogenizar y estandarizar al individuo, quedando soslayado al surgir nuevos actores que se empeñan en plantear las necesidades de la educación en este gran escenario global bajo una mirada económica, impuestos como “tabula rasa” por organismos hegemónicos que plantean políticas que no buscan precisamente la trascendencia en el ser humano, sino la “calidad” a partir de los intereses del capitalismo mundial.

Prosigue Chagoyán (2011), evocando que después de varias idas y venidas, la educación siempre pensante y avasallante culmina en una de sus mejores visiones de la formación con las ideas de Jacques Delors y Edgar Morin. En 1996, Delors elaboró una propuesta para la UNESCO para elevar la calidad de la educación basada en una perspectiva más humanista del aprendizaje, encerrando sus cuatro pilares: *aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir y aprender a ser*, que constituyen el eje de la formación integral.

Así entonces, hablar de calidad en la educación es hacerlo desde la esencia de mejores desarrollos en todos los sentidos, no desde estándares o la homogeneidad del desempeño ni desde la manipulación industrial; es situar al hombre como eje fundamental de su propio porvenir. He ahí la línea delgada que separa la *competencia industrial* con la *competencia para la formación integral*. Es aquí en que comienza a gestarse el “modelo por competencias para la educación”, cuando en 1999 Edgar Morin expone en su trabajo para la UNESCO su pensamiento reflexivo en una prospectiva sobre la educación en su obra magna “Los siete saberes necesarios para la educación del futuro”.

Termina Chagoyán (2011, p. 4) sosteniendo lo siguiente:

El modelo por competencias se constituye como el enfoque educativo más sobresaliente, el cual incluye una visión pedagógica acorde con el saber, saber hacer, saber ser que demanda la sociedad actual. Y como diría Thomas Samuel Kuhn<sup>4</sup>, el modelo se ha convertido en un “paradigma” reconocido y aprobado por una comunidad científica, aceptado como modelo para solucionar y crear desarrollos. Quien no está dentro del paradigma está fuera de los modelos teóricos más actuales y suele ser rechazado.

Asimismo, el modelo por competencias puede pensarse a priori desde la formación más instrumental del desempeño (.....). Toca al docente plantearse desde qué arista quiere empujar su propuesta didáctica pedagógica, reflexionar sobre la finalidad de su acción y la trascendencia de su formación. Hoy más que nunca se requiere una cruzada educativa en pos de crear personas con más desarrollos cognitivos, prácticos y éticos para la transformación social.

---

<sup>4</sup> Contribuyó al cambio de orientación de la Filosofía y Sociología científica en la década de 1960, siendo su principal aporte a la educación su tesis sobre la ciencia, al afirmar que no es una acumulación de conocimientos a través del tiempo, sino un cambio de paradigma en el mismo (Fuente: Wikipedia, 2017).



Previo a la definición de cuestiones de fondo, deseo compartir con los lectores algunas reflexiones relevantes al tema, enunciadas por Echeverría (2015, p. 68, 69 y 71), que fortalecen la fundamentación arriba expuesta:

Primera: Hay, sin embargo, una gran competencia que no todos hemos adquirido: la de realizar en forma competente la acción de aprender. El aprendizaje no es solo una manera de incrementar nuestras competencias, nuestra capacidad de acción. Es, en sí mismo, también una acción que requiere de competencias propias..... Y resulta que “aprender a aprender” es la madre de todas las competencias.

Segunda: El aprendizaje de cómo aprender es una de las competencias fundamentales en el mundo de hoy: es nuestro recurso más poderoso en relación al cambio..... El futuro pertenecerá a aquellos quienes expandan progresivamente su capacidad de aprender.

Tercera: En el mundo de hoy solo aquellos que han aprendido a aprender tienen mejores posibilidades de llevar la delantera y de triunfar. Aprender a aprender es una aptitud que trasciende las destrezas, competencias y contenidos específicos.

En el mundo de hoy no podemos subordinar el aprendizaje a las oportunidades de enseñanza. Tenemos que saber aprender por nosotros mismos: tenemos que saber llegar donde es posible que otros no hayan llegado; tenemos que aprender aun cuando no tengamos a mano un maestro que nos enseñe. Para ello, tenemos que aprender a innovar, a buscar por nuestra cuenta modalidades de ser más efectivas y vigentes.

## **1.6. Competencias genéricas**

Se definen así a las competencias fundamentales para alcanzar la realización personal, gestionar proyectos, contribuir al equilibrio ecológico y actuar en cualquier ocupación, puesto de trabajo y/o profesión. Son las responsables de una gran parte del éxito en la vida y en el mundo profesional, por lo cual es necesario que se formen desde la familia y sean la esencia de la educación básica, media, técnico–laboral y superior. Estas competencias también se denominan *transversales para la vida* (Tobón, 2015).

Estas competencias se caracterizan porque:

- a) Son necesarias para que las personas gestionen su formación, realización personal y aprendizaje continuo.
- b) Tienen como base la actuación ética, así como los derechos humanos.

- c) Respetan la diversidad individual y social.
- d) Se requieren para la convivencia pacífica y armónica, para resolver los conflictos interpersonales y sociales, y para la vida en ciudadanía.
- e) Son la base para el aprendizaje y la consolidación de las competencias **específicas**, así como para su efectiva aplicación (la negrita es propia).
- f) Aumentan las posibilidades de empleabilidad, al permitirles a las personas cambiar fácilmente de un trabajo a otro. Asimismo, favorecen la gestión, consecución y conservación del empleo.
- g) Permiten la adaptación a diferentes entornos sociales, ocupacionales, laborales y profesionales, ya que brindan herramientas para afrontar los constantes cambios en los procesos.
- h) No están ligadas a una ocupación en particular. Son comunes a diferentes ocupaciones.
- i) Se adquieren mediante procesos sistemáticos de enseñanza y aprendizaje en la familia, la sociedad y las instituciones educativas. De aquí que uno de los retos de la educación actual sea la formación de competencias generales y amplias.

Las españolas Yaniz y Villardón-Gallego tienen la siguiente definición para las competencias genéricas (2015, p. 17-18):

Se denominan competencias genéricas o básicas a aquellas que son consideradas apropiadas para la mayoría de las carreras o titulaciones porque constituyen adquisiciones propias de la educación superior. Están relacionadas con cualidades que se asocian a la formación universitaria e incluyen un conjunto de habilidades cognitivas y metacognitivas, conocimientos instrumentales y actitudes consideradas valiosas en la sociedad del conocimiento.

Complementan su definición con el siguiente texto:

La adquisición de competencias genéricas caracteriza el modo de actuar de las personas tituladas en su desempeño ciudadano y profesional. Asimismo, indica de qué manera las universidades esperan que las personas egresadas ejerzan su profesión y las actuaciones propias de la vida social adulta.

### **1.6.1. Competencias genéricas según el Proyecto Tuning para América Latina (2007)**

Las competencias genéricas identifican los elementos compartidos comunes para adquirir capacidades poder lograr un título profesional, tales como:

- Aprender.
- Tomar decisiones.
- Diseñar proyectos.
- Desarrollar habilidades interpersonales, etc.

Dichas competencias se complementan con las específicas, cruciales para cualquier título profesional, y referidas a la especificidad propia de un campo de estudio. Por todo ello, en una sociedad cambiante donde las demandas tienden a hallarse en constante reformulación, ambos tipos de competencia son de gran importancia. La elección de una enseñanza basada en competencias, como punto de referencia dinámico y perfectible, puede aportar muchas ventajas a la educación, tales como:

- a) Identificar perfiles profesionales y académicos de los títulos profesionales y programas de estudio.
- b) Desarrollar un nuevo paradigma de educación, primordialmente centrada en el estudiante y la necesidad de encauzarse hacia la gestión del conocimiento.
- c) Responder a las demandas crecientes de una sociedad de aprendizaje permanente y de una mayor flexibilidad en su organización.
- d) Contribuir a la búsqueda de mayores niveles de empleabilidad y ciudadanía.

Con esas bases, en la primera reunión general del Proyecto Tuning (Buenos Aires, 2005) se presentó un borrador con 85 competencias genéricas propuestas por los 18 países participantes, que fueron agrupadas por categorías para facilitar la reflexión, definición y redacción de una propuesta consensuada, en cuyo plenario final se decidió aprobar

**27 competencias** y definir las características de consultas posteriores para adecuarlas a los campos de acción particulares, siendo el siguiente el listado aprobado para América Latina:

- 1) Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
- 2) Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- 3) Capacidad para organizar y planificar el tiempo.
- 4) Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.
- 5) Responsabilidad social y compromiso ciudadano.
- 6) Capacidad de comunicación oral y escrita.
- 7) Capacidad de comunicación en un segundo idioma.
- 8) Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC).
- 9) Capacidad de investigación.
- 10) Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.
- 11) Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.
- 12) Capacidad crítica y autocrítica.
- 13) Capacidad para actuar en nuevas situaciones.
- 14) Capacidad creativa.
- 15) Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.
- 16) Capacidad para tomar decisiones.
- 17) Capacidad para trabajar en equipo.
- 18) Habilidades interpersonales.
- 19) Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes.
- 20) Compromiso con la preservación del medio ambiente.
- 21) Compromiso con su medio socio-cultural.
- 22) Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad.
- 23) Habilidad para trabajar en contextos internacionales.
- 24) Habilidad para trabajar en forma autónoma.
- 25) Capacidad para formular y gestionar proyectos.
- 26) Compromiso ético.
- 27) Compromiso con la calidad.

Sin embargo, posteriormente las 62 universidades participantes en el proyecto acordaron hacer una consulta sobre competencias genéricas, haciendo una evaluación tomando como instrumento encuestas sobre la relevancia de las competencias genéricas presentadas, obteniéndose que hay divergencias entre las deseadas en el contexto académico y en el contexto del ejercicio profesional, para lo cual se encuestaron docentes, estudiantes, graduados y empleadores, cuyos resultados se mencionan en las siguientes tablas:

**TABLA 2. Relevancia de las competencias según los docentes**

<b>Competencias más importantes</b>	<b>Competencias menos importantes</b>
Compromiso ético.	Compromiso con su medio socio-cultural.
Capacidad de aprender y actualizarse.	Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes.
Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.	Habilidades interpersonales.
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.	Compromiso con la preservación del medio ambiente.
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas	Habilidad para trabajar en contextos internacionales.
Compromiso con la calidad.	Capacidad de comunicación en un segundo idioma.

Fuente: Informe Tuning para América Latina (2007, p. 52)

**TABLA 3. Relevancia de las competencias según los graduados**

<b>Competencias más importantes</b>	<b>Competencias menos importantes</b>
Compromiso con la calidad.	Responsabilidad social y compromiso ciudadano.
Compromiso ético.	Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad.
Capacidad para aprender y actualizarse.	Habilidad para trabajar en contextos internacionales.
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas	Compromiso con su medio socio-cultural.
Capacidad para tomar decisiones.	Capacidad de comunicación en un segundo idioma.
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.	Compromiso con la preservación del medio ambiente.

Fuente: Informe Tuning para América Latina (2007, p. 55)

**TABLA 4. Relevancia de las competencias según los estudiantes**

<b>Competencias más importantes</b>	<b>Competencias menos importantes</b>
Compromiso con la calidad.	Responsabilidad social y compromiso ciudadano.
Capacidad para aprender y actualizarse.	Habilidades interpersonales.
Compromiso ético.	Compromiso con su medio socio-cultural.
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.	Compromiso con la preservación del medio ambiente.
Capacidad para tomar decisiones.	Habilidad para trabajar en contextos internacionales.
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.	Capacidad de comunicación en un segundo idioma.

Fuente: Informe Tuning para América Latina (2007, p. 58)

**TABLA 5. Relevancia de las competencias según los empleadores**

<b>Competencias más importantes</b>	<b>Competencias menos importantes</b>
Compromiso ético.	Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad.
Compromiso con la calidad.	Capacidad de investigación.
Capacidad para aprender y actualizarse.	Compromiso con su medio socio-cultural.
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.	Compromiso con la preservación del medio ambiente.
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.	Habilidad para trabajar en contextos internacionales.
Capacidad de trabajo en equipo.	Capacidad de comunicación en un segundo idioma.

Fuente: Informe Tuning para América Latina (2007, p. 60)

### **1.6.2. Competencias genéricas en la enseñanza de la Ingeniería**

Desde la década anterior, los académicos se han empeñado en reformular los objetivos de la enseñanza en Ingeniería. Palma (2011) parafrasea a Pister (1993), quien propone hacerlo desde el desarrollo de la competencia técnica, la comprensión de la práctica de la Ingeniería como una empresa social, la adquisición de experiencia clínica en la práctica, la preparación para los roles de gestión y liderazgo en la sociedad y la construcción de bases para el aprendizaje permanente.

Parafraseando a Black (1994), Palma sostiene que en la década de los 90's se ha observado cómo la necesidad de ser más competitivos ha transformado la industria mundial; es decir, las metas, contribuciones y recompensas de equipo reemplazaron a los objetivos y contribuciones individuales. Por ello, el rápido ritmo de desarrollo del conocimiento y la tecnología requiere de un nuevo paradigma para desarrollar a los estudiantes de ingeniería; los equipos de trabajo son cada vez más exigidos, y requerirán de competencias personales más desarrolladas. Se requiere que sean multidisciplinarias con acceso instantáneo a las TIC, ya que los pares no estarán necesariamente en el mismo lugar ni en el mismo país cuando trabajen juntos.

En 1996, la Junta Directiva de la ABET aprobó sus criterios de Ingeniería. Se diseñó un periodo de prueba de dos años y uno de tres años de aplicación escalonada, periodos en los que no solo cambiaron algunos criterios, sino también la filosofía de su funcionamiento, cuyo formato de acreditación se había convertido en rígida y regida por muchas reglas, lo cual resultaba en cerca de treinta páginas de letra pequeña de requisitos detallados para fijar créditos de las asignaturas y su distribución, así como para los docentes e instalaciones de laboratorio (Palma, 2011).

Se llegó a establecer un conjunto de once competencias que todo graduado de Ingeniería debe poseer, las cuales se dividen en dos categorías: un conjunto de cinco habilidades duras y seis habilidades profesionales. Las primeras no producen ninguna reacción entre los docentes de Ingeniería; mas bien existen acuerdos en la necesidad de insistir en ellos, mientras que las segundas llevan a discusiones sobre su pertinencia.

**TABLA 6. Competencias para carreras de Ingeniería, según la ABET**

Competencias duras		Competencias profesionales	
1	Capacidad para aplicar conocimientos de Matemáticas, Ciencias e Ingeniería.	6	Capacidad de trabajo en equipos multidisciplinarios.
2	Capacidad para diseñar y dirigir experimentos, así como analizar e interpretar los datos.	7	Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.
3	Capacidad para diseñar un sistema, sus componentes o procesos para llegar a las metas deseadas.	8	Capacidad para comunicarse de manera efectiva
4	Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería.	9	Apertura a la educación, necesaria para entender el impacto de las soluciones de Ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social.
5	Capacidad para usar las técnicas, habilidades y modernas herramientas de Ingeniería, necesarias para el ejercicio profesional.	10	Reconocimiento de la necesidad de aprender y la capacidad para asumir responsabilidad social.
		11	Conocimiento de los problemas del mundo actual.

Fuente: Palma (2011, adaptado de la p. 2555).

Así entonces, los estudiantes de Ingeniería tendrán que trabajar en equipo en su carrera profesional, y sus evaluaciones de desempeño podrán depender más de su capacidad para trabajar bien en los equipos que en sus habilidades técnicas. Asimismo, según Felder y Brent (2003), aplicar el aprendizaje cooperativo eficaz no es trivial, ya que se requiere el conocimiento de cómo formar equipos y capacitarlos para hacer frente a los problemas que suelen surgir en el trabajo en equipo.

### 1.7. Competencias específicas

Estas competencias son las que finalmente un egresado –de Ingeniería en nuestro caso– deberá acreditar para desempeñarse satisfactoriamente en el campo laboral. Si bien es cierto su conocimiento detallado no es parte de la presente tesis, se considera importante conocerlas para lo que podría ser una



tesis más exhaustiva sobre el tema. De las diversas fuentes investigadas, las siguientes son las que mejor definen estas competencias.

García (2009, p. 64) las define de la siguiente manera:

Son las competencias que se exigen en cada sector profesional para resolver y atender de la forma más adecuada diferentes funciones y situaciones laborales propias de esa profesión. En ellas se recogen las competencias propias de un perfil profesional. Se expresan a través de conocimientos relacionados con ese perfil y habilidades específicas de su práctica profesional.

Navío (2005, p. 216-217) las define de la siguiente manera, precisando que este autor emplea el adjetivo “profesional” en vez de específico.

La competencia profesional puede ser considerada como un conjunto de atributos personales: capacidades, motivos, rasgos de personalidad, autoconcepto, aptitudes, actitudes y valores, propiedades personales, características de la personalidad y recursos individuales.

Complementariamente o alternativamente se consideran algunos atributos personales que se relacionan con los contextos de trabajo: conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes, valores, comportamientos y conductas y experiencias. Éstos, a diferencia de los personales, tienen sentido precisamente por el contexto desde el que surgen o se manifiestan.

En cualquier caso, la utilidad de la competencia profesional está en la capacidad que tiene para hacer frente a contextos profesionales cambiantes y en los que aspectos como la polivalencia y la flexibilidad son necesarios.

Lago y Ospina (2015, p. 135) la define de la siguiente manera:

Las competencias específicas conciernen al saber profesional de la disciplina, el saber hacer y el saber guiar el hacer de otras personas; son la base particular del ejercicio profesional, y están vinculadas con condiciones específicas y dirigidas a la solución de problemas concretos a partir de la aplicación de métodos y técnicas propios del ejercicio laboral que incorporan los saberes conceptuales, procedimentales y actitudes.

Y Tobón (2015, p. 133) las define de la siguiente manera:

Son aquellas competencias propias de una determinada ocupación o profesión. Tienen un alto grado de especialización, así como procesos educativos específicos, generalmente llevados a cabo en programas técnicos, de formación para el trabajo y en educación superior. Por ejemplo, todo médico debe poseer competencias para diagnosticar una enfermedad y prescribir la respectiva receta.

## 1.8. Competencias genéricas y específicas en la asignatura Vibraciones Mecánicas

Nuestra asignatura, impartida en la FIM – UNI, está considerada como obligatoria en el séptimo ciclo de la malla curricular de las especialidades de Ingeniería Naval (M5) e Ingeniería Mecatrónica (M6), y es de carácter electivo en la especialidad de Ingeniería Mecánica (M3). A continuación se presentan los datos generales de la asignatura:

**Tabla 7: Datos generales actuales de la asignatura Vibraciones Mecánicas en la FIM – UNI**

Código: MC 571	Asignatura: Vibraciones Mecánicas	
Créditos: 3	Horas de teoría: 2	Horas de práctica: 2
Tipo: Obligatorio para M5 y M6. Electivo para M3	Ciclo: Séptimo	
	Sistema de evaluación: F	
	Pre – requisito <sup>5</sup> : Para M3: MB 536; MC 325 Para M5: MB 536; MC 361 Para M6: MB 536; MV 477.	

Fuente: Elaboración propia (adaptada de Rovira (2016, p. 4)).

En la actualidad, nuestra asignatura está enfocada en el modelamiento y análisis de problemas vinculados con las vibraciones mecánicas en un contexto práctico. Asimismo, es una asignatura de especialidad, que se basa en los conocimientos y competencias de sus pre-requisitos, con el fin de resolver problemas del campo de Ingeniería Mecánica. Sin embargo, debido a la complejidad de la asignatura y del contexto industrial, resulta imposible resolver todos los tipos de problemas que se puedan presentar en el campo profesional, teniendo en cuenta que los problemas reales no se encuentran perfectamente definidos ni acotados dentro de los temas desarrollados en la asignatura.

<sup>5</sup> Los códigos dados corresponden a las siguientes asignaturas:

MB 536: Métodos Numéricos.  
MC 325: Resistencia de Materiales II.  
MC 361: Resistencia de Materiales.  
MV 477: Estructuras Navales.

Rovira et al (2014 y 2016) realizaron investigaciones relacionadas con las competencias de nuestra asignatura (tabla 8), y algunos de los resultados del aprendizaje de la misma (tabla 9) en la Universitat Politècnica de Valencia guardan relación con los resultados que se vienen obteniendo en nuestro contexto.

**Tabla 8: Competencias asociadas a la asignatura Vibraciones Mecánicas**

Nº	Competencias	Tipo	Nivel
1	Calcular, diseñar y realizar experiencias con máquinas según los conceptos asociados a la Ingeniería Mecánica y carreras afines	Específica	Necesaria
2	Solución de problemas de campo de la Ingeniería a partir de la aplicación de las asignaturas básicas y de formación.	Específica	Necesaria
3	Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería.	Genérica	Necesaria

Fuente: Rovira (2014, p. 4), con adaptación propia.

**Tabla 9: Resultados de aprendizaje esperados, asociados a las competencias trabajadas en la asignatura (C. = competencia)**

C.	Resultados esperados del aprendizaje	
1	1.1	Modelar sistemas mecánicos en el campo de las vibraciones mecánicas.
	1.2	Calcular las frecuencias naturales y modos de vibración de sistemas mecánicos discretos.
	1.3	Determinar la respuesta de sistemas en condiciones de vibraciones libres.
	1.4	Determinar la respuesta de sistemas en condiciones de vibraciones forzadas.
	1.5	Determinar la frecuencia de una señal de excitación periódica.
	1.6	Identificar los problemas relacionados a la medición de las vibraciones y saber resolverlos.
2	2.1	Diagnosticar el comportamiento de un sistema bajo distintas condiciones de funcionamiento.
	2.2	Expresar matemáticamente el planteamiento de un problema complejo y resolverlo.
	2.3	Identificar y justificar las diferencias entre un resultado teórico y uno experimental.

	2.4	Diseñar un sistema básico de excitación y/o medición de vibraciones para un sistema mecánico dado.
	2.5	Rediseñar un sistema mecánico para mejorar su comportamiento vibracional.
3	3.1	Redactar informes con contenido coherente en su especialidad, en idioma español, con un nivel básico de corrección ortográfica y gramatical, y con la estructura y estilo adecuados según el tipo de público y los objetivos de la comunicación.

Fuente: Rovira (2014, p. 4), con adaptación propia.

Con el fin de incentivar la expansión y difusión del conocimiento más amplio de nuestra asignatura, Rovira et al (2016) plantearon la competencia “conocimiento de problemas contemporáneos”, con el objeto de ofrecer una visión global a los problemas derivados de la Ingeniería que afectan a la sociedad.

La investigación asociada es extensa; por ello, se expone un resumen del significado de la competencia planteada, resaltando los textos de mayor relevancia (p. 5)

La competencia “conocimiento de problemas contemporáneos” hace referencia a la necesidad de que los estudiantes comprendan las cuestiones y valores políticos, sociales, legales y medioambientales contemporáneos, así como los mecanismos de expansión y difusión del conocimiento. Según esta competencia, los alumnos deben desarrollar la capacidad de “estar al día” de los eventos actuales en su campo de conocimiento y en la sociedad en general.

Es una componente fundamental para los futuros profesionales, ya que les permite contextualizar los conocimientos y aplicarlos de forma práctica. Además, facilita la reflexión y el desarrollo de una posición crítica razonada.

Resulta difícil encontrar bibliografía especializada que haya abordado previamente la contextualización de esta competencia, ya que en muchas ocasiones se considera incluida dentro del aprendizaje permanente, en la capacidad para detectar nuevas oportunidades, o en la capacidad de gestionar la información y el conocimiento de su campo formativo.

Así entonces, definiendo primero las competencias genéricas de nuestra asignatura, debemos precisar tres niveles:

Primer nivel: Asignaturas de formación básica (las de primer año y adicionales del segundo año).

Segundo nivel: Asignaturas de formación en Ingeniería (las de segundo y tercer año).

Tercer nivel: Para estudiar una maestría.

Finalmente, para el caso de la competencia “conocimiento de problemas contemporáneos”, el primer nivel busca reconocer los problemas contemporáneos que afectan el campo profesional; en el segundo nivel se busca analizar estos problemas, y el tercer nivel busca proponer soluciones, evaluar dichas soluciones y evaluar sus consecuencias (Rovira et al, 2014).

### **1.9. Competencias profesionales del docente**

Debemos ser conscientes que no será posible que los alumnos desarrollen las competencias que se desean si los docentes no están empoderados con competencias profesionales que garanticen la transmisión de los conocimientos de asignaturas especializadas, como es nuestro caso. Dichas competencias son, según Zabalza (2006):

- Planificar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Seleccionar y preparar los contenidos temáticos.
- Ofrecer la información y explicaciones comprensibles y bien organizadas (competencia comunicativa).
- Manejo de las TIC.
- Diseñar una metodología adecuada de enseñanza y saber organizar sus actividades.
- Establecer relaciones fluidas de comunicación con los alumnos.
- Realizar tutorías.
- Realizar evaluaciones concordantes con los conocimientos impartidos.
- Reflexionar e investigar sobre la calidad de la enseñanza.
- Identidad con la institución y saber trabajar en equipo.

## CAPÍTULO II: FORMACIÓN, ADQUISICIÓN Y EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS GENÉRICAS

### 2.1. Proyectos Formativos de Competencias

Los proyectos formativos son definidos como actividades articuladas para resolver problemas de contexto, para así desarrollar las competencias del perfil de egreso de un determinado programa, que debe demostrarse con evidencias gracias a la gestión del conocimiento, uniendo fuerzas para lograr metas comunes y aplicando la información en situaciones relevantes, lo cual permite generar conocimiento (Hernández, 2016).

Un plan o proyecto docente para lograr o al menos aumentar la probabilidad de que los alumnos adquieran las competencias previstas es un proyecto formativo, que en su forma integrada y compleja, como un plan de estudios universitario, que aspire a proporcionar una formación integral y la adquisición de un conjunto sólido de competencias que configuren un perfil referencial, se puede alcanzar solo con la articulación y coordinación de todo el profesorado implicado (Yaniz, 2006).

Sin embargo, cualquier plan de estudios que se elabore en la actualidad puede ser vulnerable y discutible; un cambio en la política universitaria, otras personas en las comisiones de trabajo y otras condiciones institucionales darían lugar a diferentes propuestas (y diferentes críticas). Por ello, no existe un mejor plan de estudios, sino propuestas posibles adecuables a las circunstancias que deberían ser lo suficientemente flexibles para poder ir mejorando en forma permanente, sin que ello sea un obstáculo para reconocer que un proyecto formativo, formalizable en un plan de estudios, constituya un punto clave de la calidad de los estudios universitarios (Zabalza, 2003).

En la actualidad, sin embargo, *¿Por qué la enseñanza sigue enfocada en transmitir contenidos y no en proyectos?*. Las causas pueden ser diversas, siendo una de ellas la falta de formación de los docentes en nuevas estrategias de aprendizaje, lo cual es indispensable para que sucedan cambios en el campo

educativo (Hernández, 2016). Quiere decir entonces que el docente es la primera persona que debe acreditar competencias si pretende formar alumnos competentes, siendo una de ellas, y sin lugar a objeción, la competencia de trabajo en equipo. No existe posibilidad alguna de llevar a cabo un proyecto formativo con prestancia en un modelo de educación que consienta una cultura institucional marcadamente individualista. Por ello, el trabajo en equipo supone pasar de profesor de un grupo a profesor de la institución. La identidad profesional no se construye en torno al grupo que se atiende o a la materia impartida, sino al proyecto formativo del que se forma parte (Zabalza, 2002).

Reuniendo todas las concepciones expuestas, concordamos con Tobón (2015), quien sostiene que los proyectos formativos constituyen una de las metodologías más completas en el proceso de formación y valoración de las competencias, en las que se pueden integrar otras metodologías, tales como el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje basado en mapas (ABM), los sociodramas, el juego de roles, las pasantías formativas, etc.

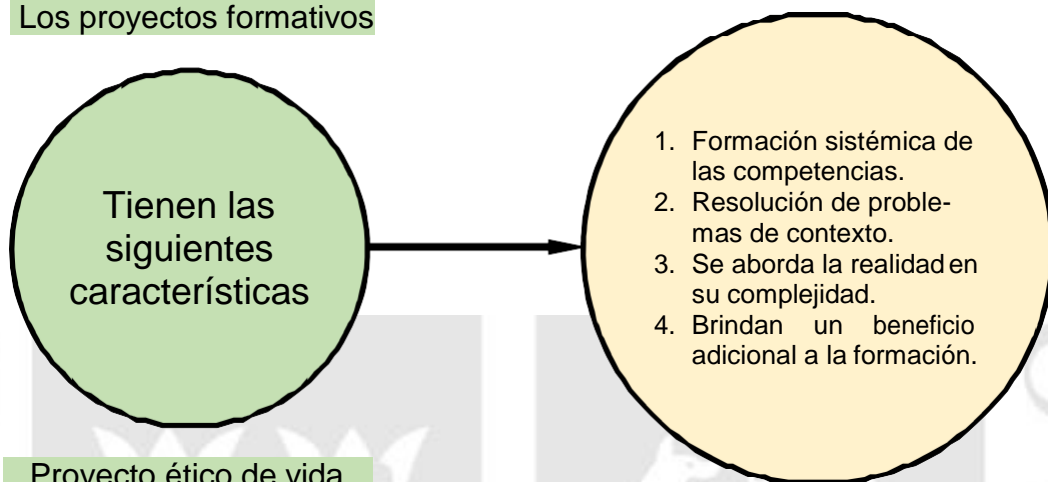
Además (prosigue Tobón), los proyectos formativos tienen su naturaleza en las concepciones de W. H. Kilpatrick<sup>6</sup>, y consisten en actividades articuladas orientadas a identificar, interpretar, argumentar y resolver uno o varios problemas del contexto, con el fin de favorecer la formación integral y el aprendizaje de competencias de acuerdo con un determinado perfil de egreso, que desde el pensamiento complejo tienen un conjunto articulado de estrategias que se van desplegando en el tiempo para resolver un problema contextualizado en una red de situaciones de constante cambio y organización, que hacen posible la retroalimentación para realizar los ajustes necesarios.

En resumen, podemos establecer las características de un proyecto formativo a partir del siguiente esquema:

---

<sup>6</sup> Es el autor de la Metodología de Proyectos. Se fundamenta en que los intereses de los niños y jóvenes deben ser la base para realizar proyectos de investigación, y éstos deben ser el centro del proceso de aprendizaje, el cual se vuelve más relevante y significativo si parte del interés del estudiante (Fuente: Wikipedia, 2015).

### Los proyectos formativos



Proyecto ético de vida

Emprendimiento creativo

Figura 3: Características de un proyecto formativo. Fuente: Tobón (2015, p. 211)

En el trabajo docente de formación de competencias, éstas se componen de diferentes enfoques, siendo uno de ellos el socio-formativo, el cual Tobón (2015, p. 39) define de la siguiente manera:

El enfoque socio-formativo se define como un marco de reflexión – acción educativo que pretende generar las condiciones pedagógicas esenciales para facilitar la formación de personas íntegras, integrales y competentes para afrontar los retos-problemas del desarrollo personal.....

Asimismo, tiene como propósito esencial facilitar el establecimiento de recursos y espacios para promover la formación humana integral, y dentro de ésta, la preparación de personas con competencias para actuar con idoneidad en diversos contextos, tomando como base la construcción del proyecto ético de vida, el aprender a emprender y la vivencia cultural.....

La tabla 10 muestra la comparación más relevante entre los diferentes enfoques de las competencias con el enfoque socio-formativo.



**TABLA 10. Comparación más relevante entre los diferentes enfoques de las competencias**

<b>Característica</b>	<b>Enfoque funcionalista</b>	<b>Enfoque conductual – organizacional</b>	<b>Enfoque constructivista</b>	<b>Enfoque socio-formativo</b>
Concepto de competencias	Desempeño de funciones laborales.	Actuación con base en conductas que aportan ventajas competitivas a las organizaciones.	Desempeño en procesos laborales y sociales dinámicos, abordando las disfunciones que se presentan.	Actuaciones integrales ante problemas y situaciones de la vida con idoneidad, ética y mejora continua.
Conceptos clave	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funciones.</li> <li>• Familias laborales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductas observables.</li> <li>• Análisis de metas organizacionales.</li> <li>• Competencias clave.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos laborales y sociales.</li> <li>• Análisis de disfunciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de habilidades de pensamiento complejo.</li> <li>• Proyecto ético de vida.</li> <li>• Emprendimiento creativo.</li> </ul>
Implementación con los estudiantes.	Módulos funcionalistas basados en unidades de aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignaturas.</li> <li>• Materiales de aprendizaje.</li> </ul>	Asignaturas y espacios formativos dinamizadores.	Proyectos formativos.

Fuente: Tobón (2015, p. 44)

## **2.2. Estructura general de un Proyecto Formativo.**

Todo proyecto formativo tiene que tener componentes articulados y relacionados sistémicamente entre sí, teniendo como meta orientar el proceso de aprendizaje y valoración de las competencias a partir de la resolución de problemas pertinentes y significativos del contexto correspondiente (Tobón, 2015). Esencialmente el proyecto puede abarcar una sola asignatura, pero si el proyecto es multidisciplinario, puede abarcar varias asignaturas.

Sus componentes se presentan según el formato de la tabla 11.

**TABLA 11. Esquema de un proyecto formativo**

1. Estructura formal	<b>Título:</b> <b>Nombre del programa:</b> <b>Ubicación:</b> <b>Código de la asignatura:</b> <b>Créditos:</b> <b>Competencias previas:</b> <b>Horas de asesoría:</b> <b>Horas de trabajo independiente:</b> <b>Escala de evaluación:</b>
2. Competencias	
3. Problema del contexto.	
4. Actividades del proyecto	
5. Proceso de evaluación	
6. Recursos y talento humano	
7. Normas de trabajo	

Fuente: Tobón (2015, p. 213)

### **2.3. Aprendizaje y enseñanza de las competencias**

El aprendizaje y la enseñanza por competencias transforman la manera en que se concibe el acto educativo, su inicio y el sentido del conocimiento mismo; ello no significa que no sea sujeto de un cambio de estrategias didácticas puntuales, sino que requiere de una transformación de la epistemología del conocimiento y la enseñanza que posee (Barriga, 2015).

En la más amplia acepción del término competencia, Barriga (2015, p. 70) hace hincapié de lo siguiente:

Para enseñar competencias no basta con elaborar referenciales de ellas para insertarlos en el plan curricular de una asignatura o un y/o proyecto formativo; tampoco es suficiente la transmisión de conocimientos o la mera

automatización de procedimientos. Para enseñar y aprender competencias se requiere crear situaciones didácticas que permitan enfrentar directamente a los estudiantes a las tareas que se espera resuelvan en la realidad. Se precisa, asimismo, que adquieran y aprendan a movilizar los recursos indispensables y que lo hagan con fundamento en procesos de reflexión metacognitiva o autorregulación.

Sin embargo, debido a su carácter esencialmente contextual, existe un cierto debate teórico –irrelevante por cierto– sobre la posibilidad de que las competencias no pueden ser enseñadas, y que en cualquier caso, pueden ser desarrolladas, ya que todo proyecto formativo conlleva una intencionalidad que fija sus resultados en una aplicación que siempre se sitúa en el futuro, y por ello es impredecible (Zavala y Arnau, 2007).

Así pues, al plantearnos la enseñanza de las competencias, estamos intentando facilitar la capacidad de transferir aprendizajes que generalmente se han presentado descontextualizados a situaciones cercanas a la realidad, lo cual representa una redefinición de su objeto de estudio (Zavala y Arnau, 2007).

Debemos considerar asimismo que no todo lo que se enseña en las universidades puede categorizarse como competencia, y que las competencias específicas están sujetas a un proceso formativo complejo, gradual y temporal. Así, para que se adquieran competencias es condición trabajar con los estudiantes con base en un enfoque de problemas que los lleve a integrar y movilizar los conocimientos adquiridos (Barriga, 2015).

En la tabla 12 se muestra una síntesis de la comparación entre la transposición didáctica y por competencias con respecto a la que enfatiza la transmisión – recepción de la información.

**TABLA 12. Síntesis del proceso de transposición didáctica en la enseñanza transmisiva y por competencias**

<b>Aspectos clave del proceso didáctico</b>	<b>Enseñanza por transmisión</b>	<b>Enseñanza por competencias</b>
Punto de partida de la reflexión didáctica	Conocimientos disciplinares, eruditos.	Situaciones sociales relevantes.
Objetivos de formación	En materia de transmisión de conocimientos y automatización de procedimientos.	En materia de actividades situadas en contexto que involucren movilización de conocimientos diversos.
Proceso educativo y transposición de saberes	Adaptación de los conocimientos eruditos al nivel de los alumnos para que, después del curso, los puedan aplicar al futuro.	Creación de situaciones didácticas que enfrentan a los estudiantes a tareas auténticas en contextos reales.
Enfoques didácticos	Lecciones enfocadas en el aprendizaje de teorías y métodos. Énfasis en ejercicios de comprensión, aplicación y repaso del contenido curricular.	Actividades generativas, tareas-problema, abordajes experienciales en contextos reales. Énfasis en la solución de situaciones-problema y casos, toma de decisiones y conducción de proyectos.

Fuente: Barriga (2015, p. 75)

#### **2.4. Evaluación de Competencias en un Proyecto Formativo.**

Nuestros lectores deben tener en cuenta que los resultados de la presente tesis no aborda ningún aspecto relacionado con la evaluación de competencias, sino mas bien se limita a presentar una propuesta para la adquisición de las mismas; sin embargo, no debemos soslayar su importancia cuando se tenga la certeza que los estudiantes adquirieron las competencias esperadas para una determinada asignatura, y posteriormente evaluar sus resultados.

Con respecto a la formación de competencias, los estudiantes tiene como base los saberes previos, así como el tipo de competencias poseídas con el cual han sido construidas, información que resulta de gran utilidad en la implementación del proyecto, ya que ayuda a orientar las actividades, además que permite identificar a aquellos estudiantes que requieren de apoyo personalizado (Tobón, 2015).

La evaluación de competencias debe orientarse a valorar cómo es la actuación integral de los estudiantes ante problemas pertinentes del contexto, articulando el saber ser, el saber hacer y el saber conocer.

#### **2.4.1. Principios esenciales de la evaluación por competencias en un proyecto formativo**

Todo proyecto formativo debe poder evaluar las competencias que se desea que los alumnos adquieran. Tobón (2010, p. 11) propone cinco principios para lograrlo, a saber:

**PRINCIPIO 1:** La evaluación de competencias es un proceso metacognitivo. Esto significa que en todo proceso de evaluación es necesario que los estudiantes reflexionen sobre su actuación y establezcan acciones concretas de mejoramiento.

**PRINCIPIO 2:** La evaluación se basa en aprendizajes esperados a la actuación en el contexto; es decir, los aprendizajes esperados son los hechos concretos que dan cuenta de la formación de las competencias.

**PRINCIPIO 3:** La evaluación busca articular lo cualitativo y lo cuantitativo; lo primero hace referencia a determinar los logros y aspectos a mejorar, y lo segundo se refiere a la ponderación de los niveles de dominio.

**PRINCIPIO 4:** La evaluación se centra en los aspectos esenciales del aprendizaje; es decir, se busca valorar los ejes claves de las competencias, y no los elementos superficiales.

**PRINCIPIO 5:** La evaluación de las competencias tiene como base mapas de aprendizaje o de progreso, los cuales se componen de aprendizajes esperados, evidencias y niveles de dominio.

En un proyecto formativo, Tobón (2015, p. 239) sostiene que las competencias deben evaluarse según los siguientes aspectos:

- a) El diseño y ejecución de un plan de evaluación basado en mapas de aprendizaje.
- b) Seguimiento a la actuación del estudiante en la realización de actividades y resolución de problemas desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa.

- c) Asesoría al estudiante para que pueda valorar su aprendizaje y lo autovalore teniendo como base las competencias.
- d) Realización de una coevaluación y heteroevaluación.
- e) Retroalimentación continua al estudiante sobre la formación de competencias.

Con toda esta base podemos estar convencidos de que diseñar un programa basado en el enfoque por competencias no es tarea fácil, pero tampoco imposible: la mayor dificultad radica en *pensar de otro modo*, debido a que –como muchas investigaciones lo demuestran– resulta difícil que el docente modifique sus creencias o paradigmas de su práctica, por la influencia que ejerce en su vida la propia historia (Núñez y Romero, 2012). Así entonces, el docente deberá superar la visión academicista de la enseñanza por una nueva visión centrada en un proyecto formativo de los estudiantes gracias al carácter integrador, combinatorio, evolutivo, contextual y abierto de las competencias.

#### **2.4.2. Implicancias del aprendizaje por competencias**

El concepto de competencia como resultado de aprendizaje tiene una serie de implicancias a evaluar. Villardón-Gallego (2006) sostiene cuatro aspectos sobre el punto:

- En primer lugar, la competencia supone la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes, las cuales deber ser evaluadas.
- En segundo lugar, la competencia supone la movilización estratégica de los elementos indicados como recursos disponibles y necesarios (conocimientos, habilidades y actitudes) para dar respuesta a una situación determinada.
- En tercer lugar, y vinculante con lo anterior, la competencia se demuestra “haciendo”. Por ejemplo, en nuestra asignatura valoramos que un alumno sea competente para resolver un caso relacionado con el control de las vibraciones si sabe manejar fórmulas

matemáticas y las normas legales vinculantes; no es suficiente que sepa dichas relaciones de memoria sin saber plasmarlas en un hecho concreto solicitado. Por tanto, la valoración de la competencia debe realizarse a partir de la actividad que realiza el alumno, por lo que su evaluación debe medir lo que es capaz de hacer en determinada situación.

- Y en cuarto lugar, el desarrollo de competencias es un proceso de aprendizaje, cuya evaluación permite aprovechar las potencialidades de ésta para favorecer el logro de los objetivos formativos.

Asimismo, tenemos que tener en cuenta que la evaluación de competencias a nivel universitario cumple dos funciones fundamentales: por una parte, la función sumativa de certificación de unos aprendizajes, y por otra, la función formativa para favorecer el logro de dichos aprendizajes; es decir, de las competencias o de sus elementos, los mismos que simbolizamos en la figura 4.



Figura 4. Evaluación de y para el desarrollo de competencias (Villardón-Gallego, 2006, p. 62)

Así entonces, el desarrollo de competencias implica la participación del estudiante aplicando y transfiriendo conocimiento en forma adecuada, y su participación en la evaluación de los logros debe estar en consonancia con ese propósito. Villardón-Gallego (2006) sostiene una serie de elementos que favorecen, potencian o suponen dicha participación, que por ende potencian el desarrollo de competencias, según se expone a continuación:

#### 2.4.2.1. Participación activa

El estudiante debe movilizar sus recursos para atender de forma eficaz y ética a determinadas situaciones, y participar activamente para aprender y mostrar el nivel alcanzado de competencia.

#### 2.4.2.2. Mejora continua

Para poder valorar el progreso y para poder tomar decisiones durante el desarrollo del aprendizaje, toda evaluación debe ser de forma continua, para así mejorar el entorno de aprendizaje y la motivación de los estudiantes, así como sus posibilidades de éxito.

#### 2.4.2.3. Información previa y oportuna

El profesor debe ofrecer al alumno información previa sobre el sistema de evaluación e información durante el proceso con relación a las actividades de aprendizaje. Al final del proceso, el profesor informa al estudiante el resultado de las evaluaciones parciales y finales para que conozca el nivel de logro alcanzado en sus aprendizajes esperados.

Aquí es conveniente que el profesor tenga información sobre ciertas características de sus alumnos, tales



como intereses, motivación, expectativas, nivel, etc., que le permitan adaptar su metodología al contexto y valorar el progreso de sus alumnos desde el inicio del periodo académico.

#### 2.4.2.4. Reflexión para la mejora

Promover la reflexión es fundamental para que los alumnos mejoren como aprendices, ya que los hace conscientes de sus estrategias. A través de la reflexión se integra la información de todo el proceso de aprendizaje y se despiertan cuestiones que le permiten avanzar.

#### 2.4.2.5. Autoevaluación para ser competente

La autoevaluación es un objetivo de aprendizaje en sí mismo. Los alumnos deben aprender a ser profesionales competentes capaces de evaluar su propia práctica para analizarla y mejorarla a lo largo de la vida profesional. Le ayuda a desarrollar su capacidad crítica, favorece la autonomía, lo compromete en el proceso educativo y lo motiva para el aprendizaje.

#### 2.4.2.6. Colaboración para fomentar valores

El profesor debe promover situaciones de evaluaciones entre compañeros y enseñar a realizar dichas valoraciones, evaluando por pares por lo menos, para promover la honestidad y el respeto por los demás, favoreciendo la colaboración y el clima de confianza, y así se evalúe al trabajo más que a la persona, para poder también evaluar la competencia de trabajo en equipo.

Para refrendar el tema de la evaluación de competencias, debemos ser conscientes que ésta no puede quedar al margen de las estrategias de enseñanza, sino que una y otra deben constituir una unidad disociable, siendo la llamada *evaluación auténtica* centrada en evidencias de desempeño donde se encuentra el mayor potencial para la enseñanza-aprendizaje-evaluación de las competencias (Díaz-Barriga, 2015).

En sus argumentos, Díaz-Barriga prosigue de la siguiente manera (2015, p. 78):

La evaluación centrada en el desempeño demanda a los estudiantes demostrar que poseen ciertas conductas o habilidades en situaciones de prueba ex profeso. La evaluación auténtica va un paso más allá en el sentido que destaca la importancia de la aplicación de la habilidad en el contexto de una situación de la vida real.

Precisa Díaz-Barriga (2015) que la evaluación auténtica implica siempre la autoevaluación por parte del alumno, ya que la meta es la promoción explícita de sus capacidades de autorregulación y reflexión sobre el propio aprendizaje, y como parte de las estrategias para la evaluación auténtica centradas en el desempeño que permiten la evaluación de competencias y aprendizaje complejo encontramos: los portafolios, las autoevaluaciones, pruebas situacionales, diarios de clase y rúbricas, recalcando que todas tienen en común que su importancia estriba en que permiten a los alumnos practicar de manera reflexiva, pensar y aprender significativamente.

## CAPÍTULO III: LAS VIBRACIONES MECÁNICAS Y SUS CONSECUENCIAS EN EL DESARROLLO HUMANO

### 3.1. Importancia del estudio de las vibraciones mecánicas (Rao, 2012)

La mayoría de las actividades humanas están involucradas con las vibraciones de una u otra forma. Por ejemplo, 1) oímos porque nuestros tímpanos vibran; 2) la respiración está asociada con la vibración de los pulmones; 3) caminar implica la oscilación de nuestras extremidades.

Los vehículos pueden experimentar incómodas vibraciones debido a algún desequilibrio en el funcionamiento de su motor (de combustión interna) o debido a su desplazamiento en pavimentos defectuosos. Inclusive, el ruido de los motores u obras civiles improvisadas pueden generar molestias en zonas urbanas, que en el peor de los casos podrían producir daños a la salud y de tipo material (las congestiones de tránsito son ejemplos elocuentes). En el caso de las máquinas de aplicación industrial, no solo el ruido que producen puede ser una fuente de perturbación, sino también puede producir el desgaste acelerado de sus partes, que encarecería sus costos operativos.

Por esas y varias consideraciones, uno de los propósitos importantes del estudio de las vibraciones es reducirlas mediante el diseño apropiado de máquinas y sus cimientos. Sin embargo, a pesar de los efectos perjudiciales, las vibraciones –adecuadamente controladas– pueden utilizarse con provecho en algunas aplicaciones industriales, desde simulación de sismos y terremotos, pasando por procesos mecánicos y el diseño de reactores nucleares inclusive.

### 3.2. La física de las vibraciones mecánicas y sus consecuencias.

#### 3.2.1. ¿Cómo tiene lugar una vibración mecánica?

Una vibración mecánica tiene lugar cuando un elemento inercial es desplazado desde su posición de equilibrio (PE) debido a un suministro de energía de parte de una fuente externa, siendo la acción de una fuerza de tipo restauradora –de tipo elástica– la que produce que el cuerpo

retorne a su PE. Debe notarse que cuando el bloque es liberado desde su PE, la fuerza del resorte jala al bloque hacia dicha posición, habiendo una conversión de energía potencial en energía cinética.

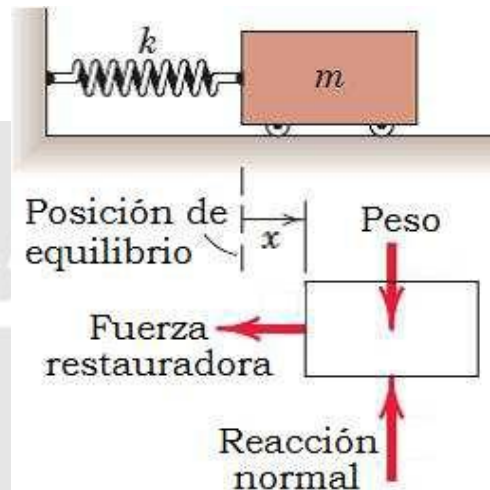


Figura 5. Cuando el bloque es alejado de su PE, la fuerza restauradora lo hace retornar a dicha posición.

Fuente: Meriam, J. (2015, p. 570). Adecuación del autor de la tesis.

Sin embargo, con el propósito de atenuar sus nocivos efectos, a toda vibración mecánica se le debe instalar un elemento disipador de energía, conocido como **amortiguador**, cuya función es precisamente reducir la frecuencia vibratoria como consecuencia de la pérdida de energía cinética que tiene lugar.

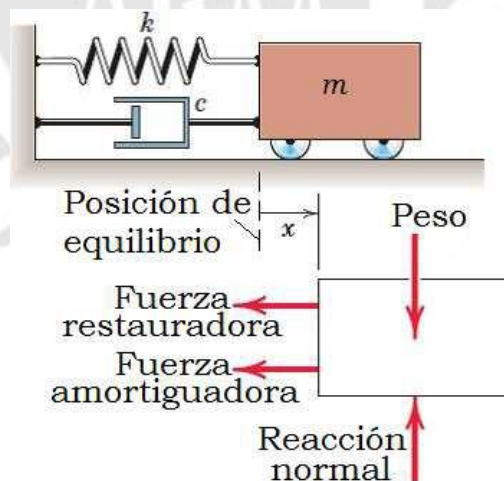


Figura 6. Cuando el bloque es alejado de su PE, las fuerzas restauradora y amortiguadora lo hace retornar a dicha posición.

Fuente: Meriam, J. (2015, p. 573). Adecuación del autor de la tesis

### 3.2.2. Naturaleza de los contenidos de la asignatura Vibraciones Mecánicas

A pesar de su contenido práctico, nuestra asignatura es un conjunto estructurado de conceptos. Para comprenderla mejor en una

visión global, se muestra la conexión entre los conceptos matemáticos y la aplicación de éstos en los problemas de vibraciones presentes en las máquinas haciendo uso de un mapa conceptual (Villegas, 2000).

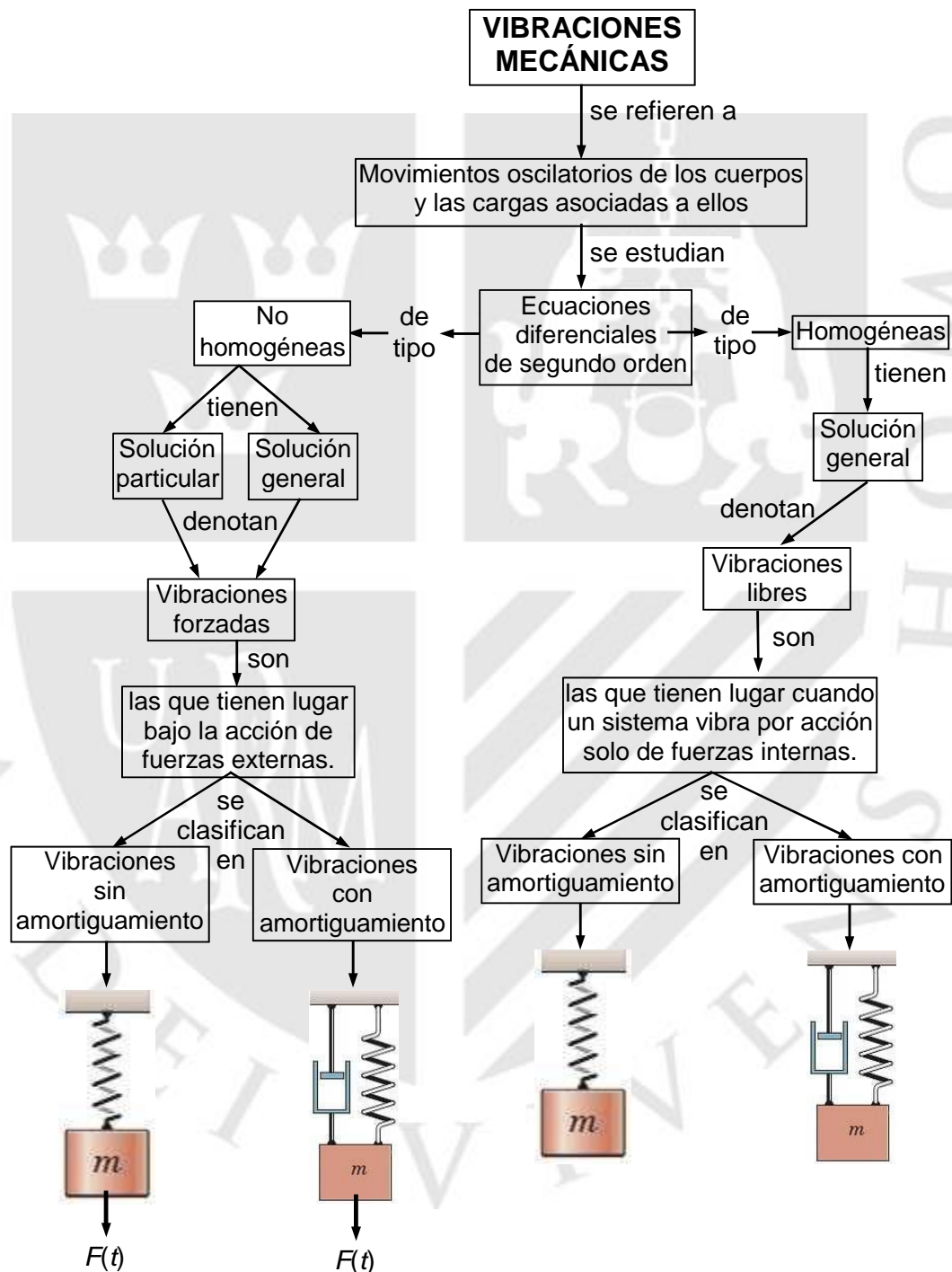


Figura 7. Mapa conceptual de comprensión para la enseñanza de la asignatura “Vibraciones Mecánicas” (Fuente: Villegas, 2000, p.10, adecuado por el autor de la tesis).

$F(t)$ : Fuerza excitatriz dependiente del tiempo  $t$ .

### 3.2.3. Consecuencias de las vibraciones de las máquinas.

Pueden dividirse en dos clases:

3.2.3.1. **En las máquinas.-** Las consecuencias inmediatas pueden verse de diversas maneras:

- a) Si la máquina fue mal cimentada o si el cimiento de base es defectuoso, la rotación de su eje causará vibración no solo emitiendo ruido desagradable, sino también puede ocasionar el desastroso fenómeno de la resonancia.
- b) Si su eje gira a una frecuencia inapropiada (en raras ocasiones por fallas en el suministro de energía eléctrica), se ha de producir el acelerado desgaste de las piezas mecánicas directamente involucradas con la vibración, elevando los costos de mantenimiento de manera considerable.

3.2.3.2. **En el cuerpo humano.-** Desde el punto de vista de la **higiene ocupacional**, una vibración puede definirse como cualquier movimiento o fuerza mecánica oscilante, continua o intermitente, que afecta al hombre en el trabajo a través de estructuras y receptores distintos al oído (IDEARA, 2014).

Para reforzar el concepto anterior, el convenio 148 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), describe el término vibración como *toda perturbación transmitida al organismo humano por estructuras sólidas que sea nociva para la salud o entrañe cualquier otro tipo de peligro.*

La influencia de las vibraciones en el cuerpo humano depende de muchos factores. Entre ellos tenemos (Karnovsky, 2016):

- Rango de frecuencias de la vibración.
- Modo de transmisión de las vibraciones: Punto de aplicación y dirección.
- Magnitud de la vibración, la cual se cuantifica por su desplazamiento, velocidad y aceleración.
- Tiempo de exposición a la vibración.
- La tolerancia individual de la persona a las vibraciones.

En términos de la influencia de una persona a las vibraciones, se puede considerar dos aspectos:

- Nivel de incomodidad del operador y su performance resultante.
- Riesgo a la salud y seguridad del operador, y la lesión o enfermedad ocupacional resultante.

La tabla 13 muestra algunos de esos efectos nocivos en el cuerpo humano para la salud de las personas.

**TABLA 13.** Efectos que las vibraciones causan sobre el cuerpo humano, según su frecuencia.

Frecuencia de emisión	Efectos en el cuerpo humano y la salud de las personas
Muy baja frecuencia (Menos de 1 Hz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estímulo del laberinto del oído interno.</li> <li>• Trastornos del sistema nervioso central.</li> <li>• Mareos y vómitos (el mareo del viajero).</li> </ul>
Baja frecuencia (De 1 a 20 Hz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lumbalgias, lumbociáticas, hernias, pinzamientos discales.</li> <li>• Agravamiento de lesiones raquídeas menores e incidencia sobre trastornos debido a vicios posturales.</li> <li>• Síntomas neurológicos: variación del ritmo cerebral, alteraciones del equilibrio.</li> <li>• Trastornos de visión por resonancia.</li> </ul>
Alta frecuencia (De 20 a 1 000 Hz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trastornos osteo-articulares identificables radiológicamente como artrosis hiperostósante del codo.</li> <li>• Lesiones de muñeca como malacia del semilunar u osteonecrosis de escafoides</li> </ul>

carpiano.

- Afecciones angioneuróticas de la mano, calambres, trastornos de la sensibilidad.
- Expresión vascular manifestada por crisis del tipo de dedos muertos, llamado síndrome de Raynaud.
- Aumento de la incidencia de malestares estomacales.

Fuente: IDEARA (2015, p. 50)

Como una forma de marcar la necesidad de considerar los efectos de las vibraciones sobre las personas, los estudiosos del tema han modelado cada órgano del cuerpo humano como un sistema mecánico independiente con sus propias características de masa, elasticidad y amortiguamiento, lo cual define diferentes frecuencias vibratorias para cada una de ellos, sumamente importantes a tomar en cuenta. La figura 8 muestra un ejemplo de ese modelamiento, indicando el intervalo de frecuencias o las frecuencias límite que cada una de las partes involucradas resiste.

### **3.3. Aspectos legales sobre las vibraciones mecánicas y la emisión de ruidos en el Perú.**

Más importante que las consecuencias que las vibraciones mecánicas causan a las máquinas y sus partes es la salud de las personas. Por ello, es de suma importancia que el futuro profesional conozca que existen normas legales que regulan la emisión de ruidos provenientes de vibraciones, y sea competente en dar la solución que se adecúe al caso; su formación no debe limitarse tan solo en aprender fórmulas, resolver problemas de aula y solucionar problemas de campo sobre vibraciones.

A continuación se transcribe los párrafos más relevantes de las normas legales o reglamentos dados por organismos gubernamentales que exigen controlar los niveles de ruido que las vibraciones generan, que son sustento de la justificación de nuestro problema (las cursivas y negritas son propias):



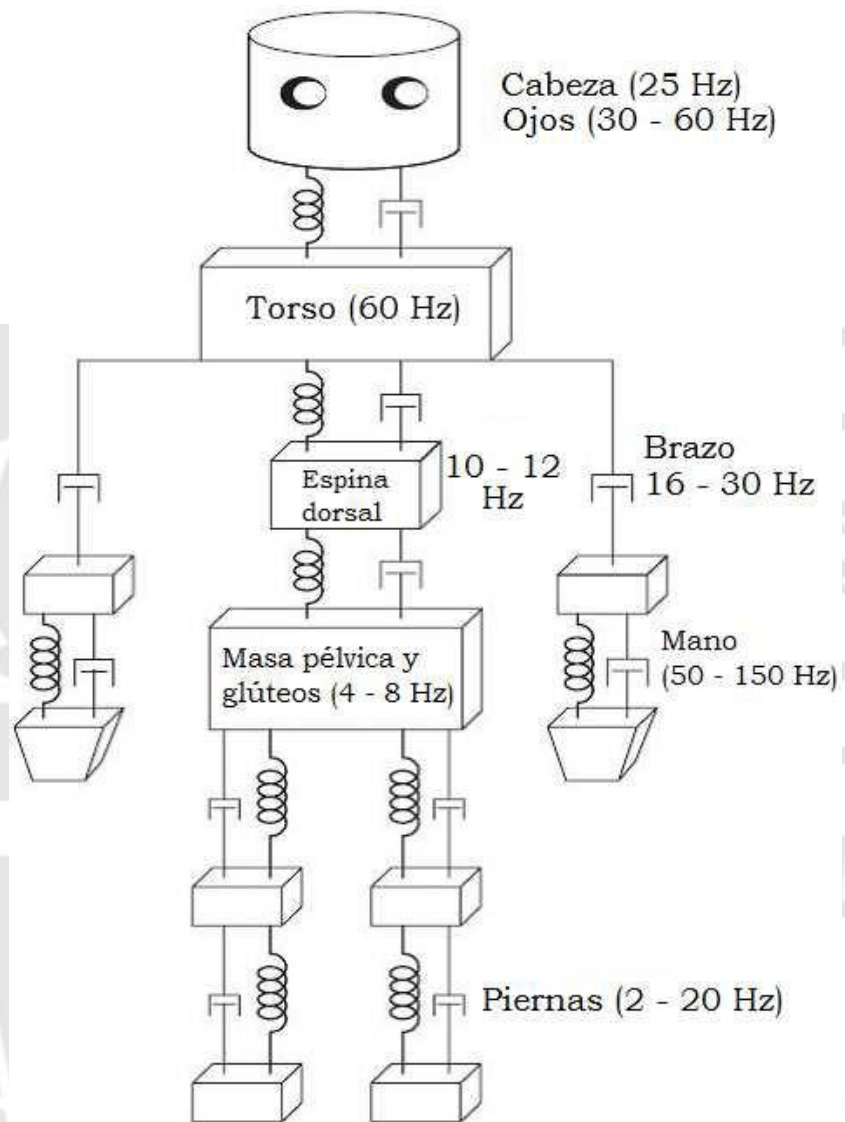


Figura 7. Modelo vibracional de diversas partes del cuerpo humano (Fuente: Rao, 2015, p. 648)

■ Ley General del Ambiente (Ley N° 28611).

“Artículo 115.- De los ruidos y vibraciones.

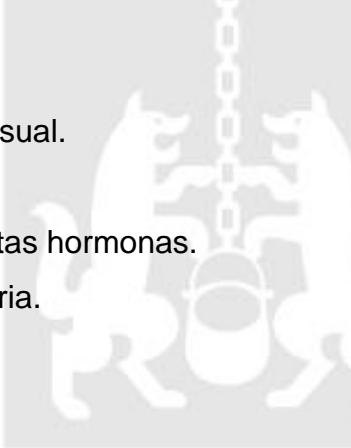
115.1. Las autoridades sectoriales son responsables de normar y controlar los ruidos y las vibraciones de las actividades que se encuentran bajo su regulación, de acuerdo a lo dispuesto en sus respectivas leyes de organización y funciones.

115.2. Los gobiernos locales son responsables de normar y controlar los ruidos y vibraciones originados por las actividades domésticas y comerciales, así como por las fuentes móviles, debiendo establecer la normativa respectiva sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).”

■ Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

El umbral de audición humano medido en decibeles (dB) tiene una escala que se inicia con 0 dB (mínimo), y alcanza su grado máximo con 120 dB (nivel de estímulo en que las personas empiezan a sentir dolor).

Otros daños que el ruido alto causa son:

- 
- a) Irritabilidad.
  - b) Alteraciones del sueño.
  - c) Disminución de la agudeza visual.
  - d) Afecta la visión del color.
  - e) Aumenta la secreción de ciertas hormonas.
  - f) Afecta la frecuencia respiratoria.
  - g) Hipertensión.
  - h) Taquicardia.
  - i) Aumenta la secreción gástrica y la motilidad intestinal.

■ Ruido y Salud – Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (2009), con el Respaldo de la Unión Europea.

La industria crea serios problemas de ruido, tanto al interior como al exterior. De hecho, el cuerpo legislativo más extenso y antiguo en cuanto al ruido es el destinado a la protección de los trabajadores frente al ruido industrial.

En ambientes industriales el ruido es producido por la maquinaria, y por lo general aumenta con la potencia de las máquinas.

Este ruido puede contener predominantemente altas o bajas frecuencias, con componentes tonales, ser impulsivo o tener patrones desagradables y disruptivos.... (sic).

■ Contaminación Acústica y Ruido.

La contaminación acústica se define como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.

## CAPÍTULO IV: MANTENIMIENTO PARA PREVENIR VIBRACIONES MECÁNICAS

### 4.1. Breves antecedentes sobre el mantenimiento de máquinas

Durante las décadas de los años 70 y 80 los problemas de ingeniería vinculantes con el mantenimiento de máquinas y plantas industriales eran resueltos esencialmente a partir de criterios de planificación basados en la experiencia profesional mediante el uso de ábacos y correlaciones deducidas de fórmulas estadísticas, las cuales dieron lugar tan solo a formular técnicas de programación de mantenimiento preventivo y proactivo, que permitieron predecir las consecuencias que ocasionaban las vibraciones mecánicas. En aquellas épocas, dentro de dichos tipos de mantenimiento se incluyó el mantenimiento vibracional como un caso derivado de ellos.

Posteriormente, con el despegue del desarrollo tecnológico a partir de la década de los años 90 y la automatización de los procesos de producción, la Ingeniería de Mantenimiento desarrolló significativamente, dando lugar a que el mantenimiento predictivo y el mantenimiento basado en la confiabilidad adquieran protagonismo decisivo, siendo ahora un tipo de mantenimiento adicional a todos los que ella trata.

Teniendo en cuenta que el propósito de la presente tesis no es realizar un estudio sobre mantenimiento predictivo, sino mas bien persuadir al lector sobre la importancia de su aplicación en las máquinas y necesidad de dotar a los egresados de una competencia genérica indispensable para que sepan prevenir los efectos dañinos de las vibraciones mecánicas, se expone un resumen sobre lo que Levitt (2011) sostiene de cada uno de los tipos de mantenimiento indicados arriba.

#### 4.1.1. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento está conformado por un conjunto de tareas cuidadosamente planificadas a determinadas frecuencias pre-establecidas conforme al paso del tiempo, el volumen de producción de

una planta, el número de horas de operación de sus máquinas u otras condiciones de funcionamiento relevantes.

Debido a sus altos costos, pero a sus consecuentes ventajas, las actividades de este tipo de mantenimiento deben estar establecidas en la política de las instituciones o por un contrato pre-establecido. En los países desarrollados, las empresas son inspeccionadas rigurosamente por la autoridad laboral para su correspondiente certificación y continuidad de su licencia de funcionamiento.

#### 4.1.2. Mantenimiento proactivo

Este tipo de mantenimiento está conformado por las actividades de mantenimiento que reducen, y en el mejor de los casos las eliminan. Por lo general, este tipo de mantenimiento está considerado en una partida separada dentro del presupuesto operativo, y a veces se maneja cuando un proyecto de implementación se vislumbra que podría quedar sin fondos, lo que hace necesario anticipar las actividades de mantenimiento.

Si asociamos el mantenimiento proactivo con el preventivo, ambos convergen en una frase: *“Haga algo antes de que la falla me haga algo”*.

#### 4.1.3. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento queda establecido al anticiparse a que algo ocurra, basado en la observación para prever fallas o sostenerlas ante un inminente peligro.

En la actualidad, tiende a orientarse hacia la aplicación del razonamiento y la experiencia, pero incluyendo instrumentos de medición que provea la información necesaria; así, su aplicación logra aumentar la confiabilidad de una máquina con el objeto de aumentar la vida útil, y así disminuir los costos que ocasionarían fallas inesperadas.

#### **4.1.4. Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM – Reliability Centered Maintenance)**

Esta técnica ha contribuido grandemente en el campo de la Ingeniería de Mantenimiento. Originalmente se diseñó para asegurar la confiabilidad en las naves espaciales, pero en el tiempo sus resultados terminaron siendo aplicados en todos los campos del desarrollo industrial.

Por ser una técnica que implica altos costos, su aplicación depende de la complejidad de cada equipo involucrado en una actividad, de cada proceso de producción y de la cantidad y rigor de reingeniería a ejecutar para que dicha confiabilidad esté completamente asegurada.

Para la empresa Aladon LLC, el RCM rápidamente ha pasado a dominar los procedimientos para fijar estrategias de mantenimiento; ello ha llevado a la conclusión de que el de mantenimiento predictivo tiene precedencia sobre el de tipo preventivo.

#### **4.2. Mantenimiento preventivo vs mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo difiere sutilmente en un punto con respecto a una inspección con mantenimiento preventivo. El primero es comparable al registro de un determinado límite de valores, mientras que el segundo implica que se debe informar el evento apenas éste tiene lugar debido a algún mal funcionamiento (Levitt, 2011).

La forma cómo el mantenimiento predictivo mejora la confiabilidad tiene lugar detectando con anticipación las fallas que un manual podría indicar que sucederá, dando al personal de mantenimiento más tiempo para intervenir antes que ocurra la falla, la misma que luego de ser reparada, dará lugar a una menor probabilidad de ser cogido desprevenido si tuviera lugar otra falla.

#### 4.2.1. ¿Por qué entonces mantenimiento predictivo antes que el preventivo?

Previo a una amplia exposición de la conveniencia de realizar mantenimiento predictivo antes que el preventivo, en la página web [www.reliabilityweb.com](http://www.reliabilityweb.com) se presentan las tablas 14, 15 y 16, con un ejemplo numérico basado en la falla que ocurriría en determinado proceso de producción, que lleva a la convicción de su conveniencia.

**TABLA 14: Costo de un trabajo de mantenimiento preventivo**

COSTO DE LA TAREA PREVENTIVA cada vez que se hace:	
Costo de la pieza	us\$ 84.-
Otros materiales auxiliares (grasa)	us\$ 2.-
Dos horas de mano de obra:	us\$ 80.-
Dos horas de máquina parada, pérdida de producción y ventas, afecta resultados en	us\$ 110.-
Pérdida de materiales cada inicio de producción, por puesta a punto	us\$ 28.-
TOTAL POR VEZ	us\$ 304.-
x 2 veces/año x 10 unidades	us\$ 6.080.- /año <b>PREVENTIVO</b>

Fuente: URL <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/por-que-mantenimiento-predictivo-antes-que-preventivo>

**TABLA 15: Costo de haber permitido la ocurrencia de una falla (o mantenimiento correctivo)**

<b>COSTO DE LA FALLA</b> (si no hiciese nada para prevenirla)	
Todos los costos anteriores MÁS: El tiempo de paro se multiplica por 2,5 por imposibilidad de programar la intervención de mantenimiento	us\$ 165.-
En uno de cada cinco casos, el desgaste excesivo de la leva requiere cambio de una guía que cuesta us\$ 380.- (x 0,2 = us\$ 76)	us\$ 76.-
<b>COSTO ADICIONAL DEL CORRECTIVO CADA VEZ QUE OCURRE:</b>	us\$ 241.-
<b>COSTO TOTAL POR OCURRENCIA</b>	us\$ 545.-
En base a la experiencia se estima que ocurriría en promedio una vez cada nueve meses, es decir 1,33 veces / año	
1,33 x 10 unidades x us\$ 545.- / vez	<b>us\$ 7.248.- /año CORRECTIVO</b>

Fuente: URL <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/por-que-mantenimiento-predictivo-antes-que-preventivo>

**TABLA 16: Costo de un trabajo de mantenimiento predictivo.**

<b>PREDICTIVO:</b> chequear cada cuatro meses si el desgaste comienza a manifestarse (FALLO POTENCIAL), y programar el recambio de la leva SÓLO SI PRESENTA DESGASTE, dejarla en servicio si no lo presenta.		
Costo del chequeo predictivo por cada vez: por breve parada y mano de obra	us\$ 10.-	ANUAL us\$ 30.-
Costo del reemplazo cada vez que se hace necesario: idéntico al Preventivo: (promedio cada ocho meses)	us\$ 304.-	us\$ 456.-
<b>COSTO TOTAL ANUAL POR UNIDAD, PREDICTIVO</b>		us\$ 486.-
<b>COSTO ANUAL POR LAS DIEZ UNIDADES</b>		<b>us\$ 4.860.- /año PREDICTIVO</b>

Fuente: URL <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/por-que-mantenimiento-predictivo-antes-que-preventivo>

#### 4.3. Mantenimiento predictivo para vibraciones mecánicas

El análisis vibracional es un método ampliamente usado en el mantenimiento de plantas y de maquinaria. Existen muchos tipos de análisis vibracional, las cuales dependen de cómo tiene lugar el deterioro de las partes debido a la vibración, siendo la más común la del análisis de ancho de banda (Levitt, 2011).

La forma preliminar más inmediata de determinar la severidad de la vibración de una máquina es mediante la gráfica mostrada, la cual requiere que se conozca la máxima velocidad de vibración de la máquina, gracias a la cual se puede saber con qué parte de la aceleración de la gravedad ( $g$ ) tiene lugar la vibración. Dicha gráfica fue elaborada a partir de la investigación de un proyecto de monitoreo de vibraciones por la empresa de Ingeniería Turner, Collie and Braden, de Houston, Texas, USA.

Sin embargo, es indispensable también que en cada inspección de máquina se registren los valores de velocidad y factor de la aceleración de la gravedad  $g$  para determinar dicha severidad con mayor precisión, según se muestra en la tabla 17.



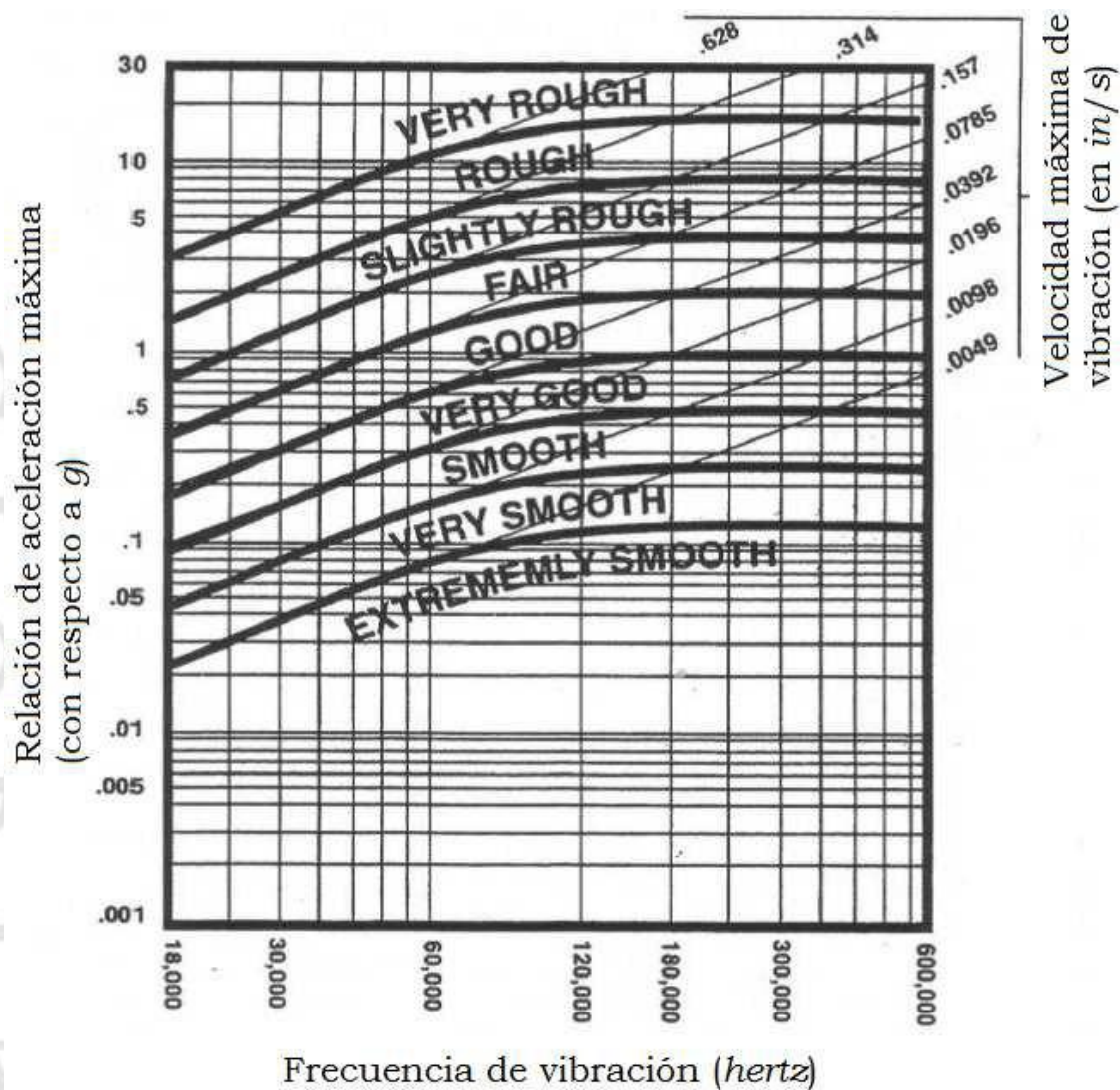


Figura 9. Curva de severidad de vibración. (Fuente: Levitt, 2011, p. 172)

Traducción de términos:  
(elaboración propia)

Extremely smooth:	Extremadamente suave
Very smooth:	Muy suave.
Smooth:	Suave.
Very good:	Muy bueno.
Good:	Bueno.
Fair:	Aceptable.
Slightly rough:	Ligeramente brusco.
Rough:	Brusco.
Very rough:	Muy brusco.

**TABLA 17: Valores límite de una vibración antes de decidir una intervención, según el tipo de máquina**

Valores medios de límite de vibración		Clase de máquina					
Factor de $g$ (*)	Velocidad (mm/s)	1	2	3	4	5	6
0,36	0,28	<b>Bueno</b>					
0,58	1,45						
0,91	0,71						
1,4	1,12			<b>Satisfactorio</b>			
2,3	1,8						
3,6	2,8						
5,8	4,5			<b>Mejoría</b>			
9,1	7,1						
14,3	11,2						
23,5	18				<b>Deseable</b>		
35,7	28						
58,2	45						
91	71			<b>Inaceptable</b>			

(\*)  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

**Clase 1:** Máquinas pequeñas, tales como motores eléctricos hasta 15 kW.

**Clase 2:** Máquinas de tamaño medio hasta 75 kW sin cimiento especial o máquinas rígidamente cimentadas hasta 300 kW sobre cimientos especiales.

**Clase 3:** Máquinas grandes montadas sobre cimientos pesados que son rígidos en la dirección de medición de la vibración.

**Clase 4:** Máquinas grandes montadas sobre cimientos suaves en la dirección de medición de la vibración.

**Clase 5:** Máquinas con partes desbalanceadas (por ejemplo, mecanismos reciprocantes) sobre cimientos rígidos en la dirección de medición de la vibración.

**Clase 6:** Igual que 5, pero como cimientos blandos.

Fuente: Levitt, 2011, p. 176 (Traducción propia)

También, se invita al lector a leer el anexo I, referente a la tragedia que tuvo lugar el 17 de agosto del 2009 en la central hidroeléctrica rusa Sayano-Shushesukaya, producto de una inesperada severidad de vibración en una de sus turbinas.

Para esclarecer conceptos sobre el mantenimiento predictivo por vibraciones mecánicas, Mosquera et al (2011) es enfático al sostener que el objetivo final de su aplicación es asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas a través del monitoreo continuo de sus niveles de vibración, siendo estos últimos los indicadores de su condición, y se ejecuta sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas.

Su aplicación considera de antemano que una empresa que opera con maquinaria posee la suficiente disciplina tecnológica sobre ella, esto es, los usuarios deben observar las normas de explotación del fabricante. De aquí se desprende la importancia de la conducta de buenas prácticas de operadores y demás personal técnico en la industria.

Así entonces, conviene mencionar también que las leyes de los países desarrollados exigen que el funcionamiento de la maquinaria ha de estar en correctas condiciones de operación, con bajos niveles de vibración y ruidos, así como ventajas ambientales para el personal de operación.

Asimismo, la aplicación del mantenimiento predictivo requiere de un número mínimo de personal calificado, así como del empleo de equipamiento de alta tecnología, por lo que su utilización se ve limitada, en algunos casos, por la inversión inicial. Sin embargo, al comparar los resultados que se pueden alcanzar, inclusive a corto plazo, tal como se mostró en la tabla 16, éstos superan satisfactoriamente la inversión en su aplicación.

\*\*\*\*\*

## SEGUNDA PARTE: MARCO METODOLÓGICO

### CAPÍTULO V: INVESTIGACIÓN Y PARADIGMA CUALITATIVOS

#### 5.1. ¿Qué es la Investigación Cualitativa?

Hablar de investigación cualitativa se ha convertido en un serio reto profesional, no solo por la extraordinaria variedad de corrientes metodológicas que se sitúan bajo esa denominación, ni por la gran cantidad de publicaciones realizadas en torno a ellas, sino por las graves implicancias epistemológicas que tiene (Torres, 2010),.

La investigación cualitativa abarca el estudio, uso y recolección de una variedad de materiales empíricos –estudio de caso, experiencia personal, introspectiva, historia de vida, entrevista, textos observacionales, históricos, interaccionales y visuales– que describen los momentos habituales y problemáticos y su significado en la vida de los individuos (Vasilachis, 2009).

Al respecto, ella parafrasea a diversos autores del tema, resaltando lo siguiente:

“La investigación cualitativa posee un conjunto de particularidades que la identifican como tal, pero que en nuestros días se encuentra fragmentada (Hammersley, 2004: 25; Atkinson, 2005), mostrando diferencias tanto entre las diversas tradiciones que abarca como en el interior de estas. No constituye pues un enfoque monolítico, sino un espléndido y variado mosaico de perspectivas de investigación..... Su desarrollo prosigue en diferentes áreas, cada una de las cuales está caracterizada por su propia orientación metodológica y por sus específicos presupuestos teóricos y conceptuales acerca de la realidad”.

Luego parafrasea a Creswell (1998), diciendo:

“La investigación cualitativa es un proceso interpretativo de la indagación basado en distintas tradiciones metodológicas –la biografía, la fenomenología, la teoría fundamentada en los datos, la etnografía y el estudio de casos– que examina un problema humano o social”.

Finalmente, dice ella que Denzin y Lincoln (1994) sostienen que la investigación cualitativa es multimetodológica, naturalista e interpretativa; es decir, los investigadores cualitativos indagan en situaciones naturales, intentando dar sentido o interpretar los fenómenos en los términos del significado que las personas les otorgan.

De acuerdo con todo lo señalado arriba, la respuesta a nuestra pregunta depende del enfoque y de las muy diversas perspectivas en las que se aplica. Asimismo, su validez está ligada exclusivamente a una determinada forma de hacer investigación.

Sin embargo, se destaca las más saltantes compilaciones de Torres (2010) respecto a nuestro tema, quien en su artículo de la revista “El Evaluador Educativo” transcribe y parafrasea lo más saltante publicado por otros investigadores. Así entonces:

- a) Castillo y Vásquez (2003: 2, p. 164) describen la investigación cualitativa indicando lo siguiente:

“(...) se caracteriza por ver las cosas desde el punto de vista de las personas que están siendo estudiadas. De esta manera, el papel de los investigadores es entender e interpretar qué está sucediendo, y ello se convierte en una tarea difícil, de un lado porque los investigadores no pueden abstraerse totalmente de su propia historia, de sus creencias y de su personalidad, y de otro, por la complejidad de los fenómenos humanos”.

- b) Rodríguez, Gil y García (2006, p. 32), señalan lo siguiente:

“(...) la investigación cualitativa no se puede contemplar (...) desde una perspectiva positivista, neutral y objetiva. La clase, la raza, el género y la etnicidad configuran el proceso de indagación, haciendo a la investigación un proceso multicultural”.

- c) Taylor y Bodgan (2006, p. 19-20) explican lo siguiente:

“La frase metodología cualitativa se refiere, en su más amplio sentido, a la investigación que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable (...), la metodología cualitativa, a semejanza de la cuantitativa, consiste en más que un conjunto de técnicas para recoger datos. Es un modo de encarar el mundo empírico”.

Por otra parte, Torres (2010) hace hincapié que no debe perderse de vista que la investigación cualitativa no es una corriente metodológica monolítica, sino la conjunción de numerosas tendencias con rasgos compartidos. Parafrasea él, que según aclaran Rodríguez, Gil y García (1999), “(...) *no existe “una” investigación cualitativa, sino múltiples enfoques cuyas diferencias fundamentales vienen marcadas por las opciones que se tomen (...)*”.

Así entonces, después de una polémica armada sobre el tema, Torres (2010, p.7) concluye lo siguiente:

“La investigación cualitativa es aquella que los investigadores ejecutan con apego al método científico, pero con suficiente flexibilidad metodológica como para lograr un notable acercamiento y conocimiento de los casos que estudian”.

## **5.2. El Paradigma Cualitativo**

Surge como alternativa al paradigma positivista, puesto que hay cuestiones problemáticas y restricciones que no se pueden explicar ni comprender en toda su existencia desde la perspectiva cuantitativa; por ejemplo, los fenómenos culturales, los cuales son más susceptibles a la descripción y análisis cualitativo (Pérez, 1994).

Este paradigma percibe la vida social como la creatividad compartida de los individuos. El hecho de que sea compartida determina una realidad percibida como objetiva, viva y cognoscible para todos los participantes en la interacción social. Además, como el mundo social no es fijo ni estático, sino cambiante, mudable, dinámico, este paradigma no concibe al mundo como fuerza exterior, objetivamente identificable e independiente del hombre; existen por el contrario múltiples realidades en el que los individuos son conceptuados como agentes activos en la construcción y determinación de las realidades, en vez de responder como un robot, según las expectativas de sus papeles que hayan establecido las estructuras sociales (Pérez, 1994).

Este paradigma no pretende presentar verdades absolutas ni leyes de aplicación general, ya que reconoce la diversidad y pluralidad de escenarios,

condiciones y situaciones que se presentan en la realidad, que por tanto son únicas e irrepetibles; así, las observaciones y resultados de sus investigaciones son válidas solo para el caso particular que se estudia (Ortiz, 2013).

En efecto, en el caso particular de la presente tesis, la realidad percibida por los participantes tiene que ver esencialmente no solo con la prevención del desgaste acelerado de piezas mecánicas en las máquinas, sino también con la disminución del ruido que éstas producen mientras operan. Por lo tanto, como se verá más adelante, queda claro que nuestra propuesta académica no está vinculada en absoluto a cuestiones cuantitativas, sino mas bien puramente cualitativas.

### **5.3. Características del Paradigma Cualitativo**

Contrastando la posición de Creswell (2012) y Pérez (1994), –las más convincentes para el autor de la presente tesis– ambos convergen en los siguientes puntos sobre sus características:

- a) La realidad está constituida no solo por hechos observables y externos, sino por significados e interpretaciones elaboradas por el propio sujeto a través de una interacción con los demás.
- b) Insiste en la relevancia del fenómeno frente al rigor del enfoque racionalista.
- c) Intenta comprender la realidad dentro de un contexto dado; por lo que no puede fragmentarse ni dividirse en variables dependientes e independientes.
- d) Aboga por la pluralidad de métodos y la adopción de estrategias de investigación específicas, singulares y propias de la acción humana, tales como observación participativa, estudio de casos, investigación – acción, etc.
- e) Estudia con profundidad una situación concreta que profundiza en los diferentes motivos de los hechos.
- f) Desarrolla hipótesis individuales que se dan en casos individuales.
- g) No busca la explicación o causalidad, sino la comprensión del fenómeno.
- h) La realidad es global, holística y polifacética; nunca es estática ni viene ya establecida.

#### 5.4. Importancia del Paradigma Cualitativo

La investigación cualitativa es, en esencia e inevitablemente, multimétodo y plural, porque cada modalidad de investigación sigue su propio perfil, puesto que debe adaptarse al escenario (siempre cambiante) donde se quiera llevar a cabo (Rodríguez y Valdeoriola, 2009).

Dicho de otro modo, la importancia de las investigaciones cualitativas es flexible para adaptarse al escenario de investigación, por ser abierta, y huye de cualquier acción uniformadora que intente imponer un enfoque único. Así, la investigación cualitativa hace indispensable que el investigador deba permanecer un cierto tiempo en el escenario, para así experimentar el significado que dan los sujetos a su “mundo”, conocer su lenguaje, comprender sus emociones, descubrir sus valores.... (Rodríguez y Valdeoriola, 2009).

Adicionalmente, Torres (2010) señala que la investigación cualitativa es importante porque:

- a) Su utilidad reside en la profundidad y singularidad del estudio de ese comportamiento.
- b) Como norma, en los informes finales aparecen descripciones detalladas de los escenarios abordados y de los resultados de las técnicas empleadas, así como testimonios esclarecedores de los sujetos estudiados que posibilitan reforzar valoraciones y conclusiones parciales.
- c) Tiene la posibilidad de servir de complemento metodológico a las investigaciones cuantitativas.
- d) La principal arma del investigador cualitativo es la entrevista, a diferencia del investigador cuantitativo.
- e) Permite estar alerta ante desviaciones nocivas del proceso analítico – sintético; vale decir, del llamado *efecto halo*.

Sin embargo, no deja de ser importante un paradigma que toma en cuenta la interpretación como elemento indispensable para alcanzar la verdad y certeza de una investigación educativa: el paradigma interpretativo – cualitativo.



## 5.5. Paradigma interpretativo – cualitativo

Bajo dicha denominación se dan una serie de escuelas de pensamiento que nacen como oposición a los planteamientos positivista de acceso y comprensión de la realidad social, a saber: Hermenéutica, Fenomenología, Interaccionismo simbólico, entre otros (Sánchez, 2013).

Algunos de los postulados propios de este paradigma son (Sánchez, 2013, p. 95-96):

- a) Los procesos de investigación tienen una naturaleza dinámica y simbólica (...): por tanto, el contexto escolar es un factor constituido por los significados que la comunidad atribuye.
- b) El objeto de la investigación es la acción humana, a diferencia del positivismo, que es la conducta humana, y las causas de esas acciones establecidas a partir de las representaciones de significado que las personas realizan.
- c) La construcción teórica se basa en la comprensión teleológica más que en la explicación causal.
- d) La objetividad se consigue con el acceso al simbolismo subjetivo que la acción tiene para los protagonistas.

Así entonces, la realidad educativa vista desde ese enfoque es una construcción social que deriva de las interpretaciones subjetivas y los significados que los participantes le otorgan, siendo relevante el desarrollo de teorías sobre los fenómenos educativos a partir de las interpretaciones de los actores (.....) (Sánchez, 2013).

El fin de cualquier investigación que asuma ese paradigma es comprender y describir la realidad educativa a través del análisis profundo de las percepciones e interpretaciones de los sujetos que intervienen en las diversas situaciones que son objeto de investigación (.....).

Este paradigma ha significado una revolución importante en el campo de la educación, en el sentido que ha iniciado un proceso de ruptura entre la separación entre el investigador y educador (.....), aproximando más los resultados a la realidad educativa (.....) (Sánchez, 2013).

## 5.6. Diseño de Investigación Cualitativa

El diseño de una investigación cualitativa es definido como una disposición de elementos que gobiernan el funcionamiento de un “estudio” que producirá datos cualitativos en forma inductiva, y también como la estructura subyacente e interconexión de componentes de un estudio y la implicación de cada elemento sobre los otros (Vasilachis, 2009).

Claro está que dichas definiciones aluden a una articulación sutil, móvil y no lineal entre los elementos constitutivos del diseño, que le permite sufrir modificaciones en forma paulatina a lo largo del proceso de investigación.

Para que nuestro diseño tenga articulación lógica y sea una promesa sobre el trabajo futuro, en el documento escrito debe poder vislumbrarse la armonía flexible entre sus componentes, que anticiparán los cambios en el posterior desarrollo, según se muestra en la figura 10.

Sin embargo, un diseño de investigación y su comunicación en una propuesta no se logran solamente conociendo metodologías cualitativas, sino que son necesarios una sólida formación disciplinar o transdisciplinar y un conocimiento profundo de la problemática a investigar (Vasilachis, 2009). Así entonces, el gráfico anterior ilustra el tipo de vinculación lógica e interactiva que deberían tener los componentes: atender la coherencia, en principio, de los tres primeros aspectos que se podrían considerar más teóricos: Propósitos, contexto conceptual y preguntas de investigación, y posteriormente, el modo en que el método permite responder las preguntas de investigación, y cómo se garantizarán los criterios de calidad. Finalmente, el “todo” debe estar coherentemente articulado, aunque posiblemente sea preliminar, evolutivo y cambiante.

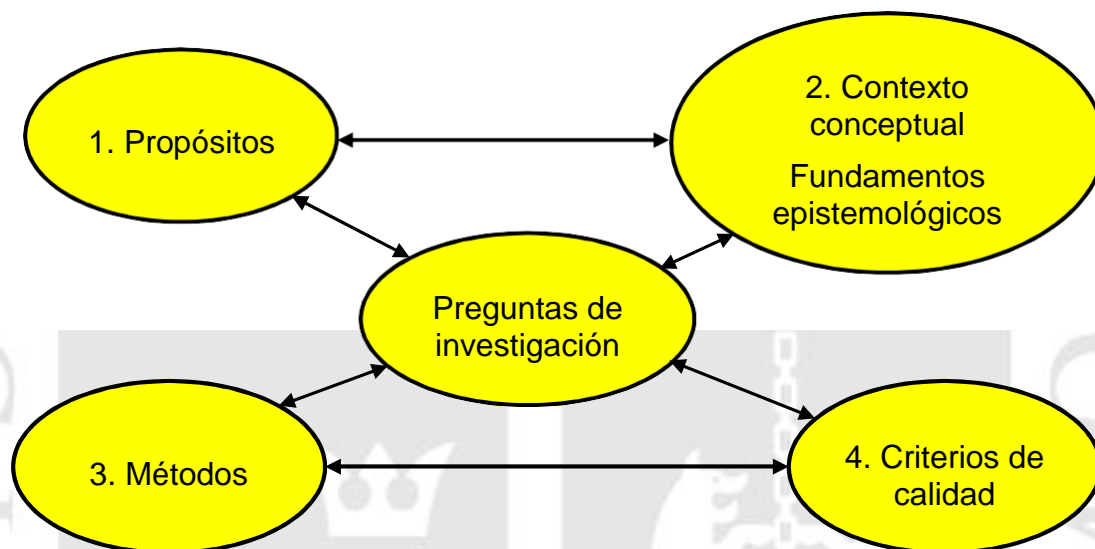


Figura 10. Modelo interactivo de diseño en la investigación cualitativa (Fuente: Vasilachis, p. 72)

#### 5.6.1. Componentes del Diseño de Investigación Cualitativa

Después de contrastar la exposición de cada uno de los expertos en este tipo de investigación, Vasilachis (2009) hace muy buenas precisiones al respecto, ampliando lo expuesto por Creswell (2012). Así entonces, queda bien claro que las componentes de este tipo de diseño son las siguientes:

- a) **Los objetivos**, que vienen a ser los que deben definir el “por qué” y el “para qué” de la investigación. Independientemente de la definición usualmente dada a este componente, es importante explicar si los objetivos son descriptivos, teóricos, políticos, prácticos, personales, etc., y si surgen de una demanda externa.
- b) **El contexto conceptual**, el cual es construido por el investigador, el mismo que permite (Vasilachis, p. 76):
  - b.1. Ubicar el estudio dentro de los debates de la comunidad científica.
  - b.2. Vincularlo con las tradiciones teóricas generales y específicas del tema.
  - b.3. Evaluar el tipo de aporte teórico que se realizará a través del estudio propuesto: expandir la teoría, enriquecerla o superarla creando nuevos conceptos.

- b.4. Respalda el resto de los componentes del diseño, en especial las preguntas de investigación.

Asimismo, sostiene Vasilachis que el contexto conceptual se elabora a partir de diversas fuentes o recursos tales como:

- La experiencia vital del investigador y sus propias especulaciones o ideas.
  - El conocimiento y dominio de las tradiciones teóricas referidas a la temática estudiada, y el análisis crítico de la bibliografía pertinente y relevante, tarea que se denomina, curiosamente, «estado del arte».
  - Los estudios o investigaciones anteriores.
- c) **Las preguntas de investigación.** Son consideradas como el “corazón” del diseño. Indican qué se desea saber o comprender, y a partir de su formulación se conoce la dirección que tomará la investigación. No es fácil elaborarlas, pues implica pasar de una idea o tema de investigación a preguntas preliminares, delimitadas en el tiempo y espacio, claras, relevantes y posibles de ser respondidas con los recursos materiales y humanos y de acuerdo con un cronograma diseñado.

Las primeras preguntas, que pueden ser cinco o más, consumen tiempo considerable para ser formulados, ya que surgen del análisis de los posibles vacíos de conocimiento en los mapas teóricos en la bibliografía disponible, de las propias experiencias de investigación, de las discusiones con colegas, de la necesidad de resolver problemas sociales, de evaluar y seleccionar cuáles son las preguntas más importantes, y de conectarlos con las técnicas y lugares posibles para ser respondidos.

- d) **El método de investigación.** Está referido a todos los procedimientos utilizados en el estudio para producir conocimientos al responder las preguntas de investigación, concretar los propósitos e interactuar con el contexto conceptual. Este componente del diseño también

adoptará características diversas de acuerdo con la tradición de investigación cualitativa elegida.

La investigación cualitativa debe ser rigurosa y fiable; por lo tanto, el investigador debe conocer todos los procedimientos necesarios para producir conocimiento y tener conciencia de su relevancia. Al mismo tiempo, es deseable que desarrolle su creatividad para incorporar nuevas técnicas útiles a su estudio.

- e) **Los criterios de calidad.** Tanto los investigadores que presentan las propuestas como los evaluadores se preocupan por la calidad teórica y metodológica, y también por la relevancia social (y a veces política) del estudio; es decir: ¿el estudio está bien hecho?, ¿es creíble?, ¿cómo sabemos que el estudio cualitativo es creíble, preciso y cierto?.

Asimismo, ¿El estudio es útil? ¿Es ético? Sería interesante que las dos instancias, el evaluado y el evaluador, tuvieran criterios semejantes para juzgar y evitar fracasos. En caso contrario es necesario manifestar conocimiento y justificar las decisiones adoptadas. Estas preguntas serán respondidas de modo diferente de acuerdo con la concepción de lo que es «científico» y dentro de la investigación cualitativa, de las perspectivas y tradiciones.

#### **5.6.2. Tipos de diseño de investigación cualitativa**

Investigar en educación supone la búsqueda de estrategias de cambio para lograr mejoras; investigar sobre la praxis implica siempre mejorar la realidad concreta sobre la que se opera. El investigador en educación siempre desea aportar algo nuevo a ella, a la enseñanza o a la rama del saber que domina; aplica ideas procedentes de otros campos e investigaciones. Por eso, es indispensable precisar qué tipo de investigación (cualitativa en nuestro caso) es la que se debe aplicar al respectivo caso de interés (Pérez y Nieto, 2000).

Son diversos los métodos de diseño de investigación cualitativa que podemos encontrar y numerosas calificaciones elaboradas por los diversos autores acerca del tema. Aunque estos métodos guardan algunas similitudes entre sí, y comparten muchos aspectos comunes, difieren –inequívocamente– en el fin que cada uno persigue (Rodríguez y Valldeoriola, 2009).

En la tabla 18 se resume las características más saltantes de cada método.

### **5.7. Consideraciones Éticas de la Investigación**

La ética aplicada a la investigación científica académica debe estar dirigida a socializar el conocimiento científico y gestionar acciones éticas que integren progresivamente a la docencia e investigación con miras a promover la formación de equipos interdisciplinarios que permitan la producción científica social (Ojeda, 2007).

Algunos de los lineamientos generales para tener una buena conducta ética en la investigación científica académica, en la cual los científicos no deben realizar investigaciones que puedan poner en riesgo la honorabilidad de las personas, son las siguientes (Babbie, 2011, p. 414-415):

- Violar las normas del libre consentimiento informado.
- Realizar investigaciones sesgadas.
- Convertir los recursos públicos en ganancias privadas, producto de los resultados de una investigación.
- Dañar el medio ambiente.

Dichas consideraciones tienden a establecer normas que pueden ser ampliadas y desarrolladas por cada comunidad científica para evitar el vacío ético, el descontrol y el uso inadecuado de la investigación científica en detrimento de quienes pueden ser afectados en la comunidad en general, así como también algunos principios de actuación pública para salvaguardar el bien común y evitar

**TABLA 18. Tipos de diseño de investigación cualitativa**

Característica	Teoría Fundamentada	Etnográficos	Narrativos	Fenomenológicos	Investigación – acción
Tipo de problema de investigación más apropiado para ser abordado por el diseño.	Cuando no se dispone de teorías o son inadecuadas para el contexto, tiempo, casos o muestra, circunstancias, etc.	Cuando se pretende describir, entender y explicar un sistema social.	Cuando las historias detalladas ayudan a comprender el problema.	Cuando se busca entender las experiencias de personas sobre un fenómeno o múltiples perspectivas de éste.	Cuando una problemática de una comunidad necesita resolverse y se pretende lograr un cambio.
Disciplinas en las que se cuentan con más antecedentes.	Ciencias sociales y del comportamiento humano, ciencias de la salud, ingenierías, etc.	Antropología, Arqueología, Ciencias administrativas (negocios).	Humanidades (historia), ciencias sociales y de la salud.	Psicología, Educación, ciencias de la salud, ciencias naturales e ingenierías.	Ciencias sociales, ciencias ambientales, ciencias de la salud e ingenierías.
Objeto de estudio	Proceso, acción o interacciones entre individuos.	Sistema social (como un todo).	Uno o más individuos y sus historias o varias historias de un evento.	Individuos que hayan compartido la experiencia o el fenómeno.	Problemática de un grupo o comunidad (académica, social, política, etc.).
Instrumentos de recolección de los datos más comunes.	Entrevistas y grupos de enfoque.	Observación, participante, notas de campo, entrevistas, documentos (de toda clase).	Entrevistas y documentos (escritos, audio y video).	Observación, entrevistas y grupos de enfoque.	Entrevistas, reuniones grupales (grupos de enfoque, foros de discusión, reuniones de trabajo) y cuestionarios (preguntas abiertas y cerradas).
Estrategias de análisis de los datos.	Codificación abierta, axial y selectiva (en primer y segundo plano).	Triangulación (integración de las evidencias).	Cronología de eventos e historias, ensamble de elementos que integran la historia y su recuento por parte del investigador.	Unidades de significado, categorías, descripciones del fenómeno y experiencias compartidas.	Involucrar a la comunidad en las decisiones sobre cómo analizar los datos y el análisis mismo.
Producto (en el informe final).	Una teoría que explica un fenómeno o responde al planteamiento.	La descripción y explicación de un sistema social.	Una historia secuencial que integra varias narrativas.	La descripción de un fenómeno y la experiencia común de varios participantes con respecto a éste.	Diagnóstico de una problemática y un programa o proyecto para resolverla (soluciones específicas).

Fuente: Hernández, R. et al (2011, p. 471-472). Redacción y adaptación propia.

los daños a particulares y públicos, posición ésta que hace necesario el estudio de la práctica ética en los distintos saberes por los que transita el hombre para hacer ciencia y su caracterización, en tanto persona, frente a la acción investigativa (Ojeda, 2007).

Sin embargo, si la investigación científica –que no objetamos se debe ceñir a cuestiones éticas– es recargada por un exceso de trámites y reglamentos, la mayor parte de la creatividad que la acompaña podría desaparecer, y los jóvenes más talentosos no querrán dedicarse a una de las profesiones más importantes para la sociedad. Comúnmente, la ética se vincula a la moralidad, y ambas se ocupan de cuestionar lo bueno y lo malo. Pero ¿Qué es lo bueno y qué es lo malo?, ¿Cuál es el origen de la distinción?. Estas respuestas varían según las características que distinguen a los individuos en relación a su religión, ideología política o la observación pragmática de lo que debe o no funcionar (Ojeda, 2007).

En efecto, la Ética debe ser la primera consideración a tener en cuenta; ello jamás debe considerarse como una simple formalidad, y necesariamente tiene que estar como punto de partida en la agenda del investigador, la cual debe mantenerse hasta concluir la investigación y divulgar sus resultados. Asimismo, es importante respetar todas las fuentes de información; por ello, el acceso a algunas fuentes se obtiene con permiso antes de acceder a ellas por cualquier medio, o mediante acceso restringido cuando se sabe que la información se ha de usar para fines académicos (Creswell, 2012).

Así entonces, todos los pasos del proceso de investigación requieren comprometer prácticas éticas, que resultan ser complejas, ya que involucran mucho más que meramente seguir una guía estática de pasos dadas por normas de asociaciones profesionales. Además, al recolectar datos de una investigación cualitativa, el investigador debe desarrollar la descripción profunda de un fenómeno, y a los participantes –si es que son personas– se les puede pedir revelar detalles privados o experiencias de vida en cierto periodo de tiempo. Indudablemente, este proceso requiere un gran nivel de confianza basada en un alto nivel de revelación del participante, previa anticipación de las cuestiones éticas, y también debe ofrecer guías de conducción (Creswell, 2012).



En consecuencia, toda investigación debe empezar con identificando las líneas de práctica ética, y luego se debe revisar cuestiones claves, tales como:

- Dar información precisa a los participantes sobre el objeto de estudio.
- Abstenerse de usar la información para fines diferentes o fraudulentos, sin perjuicio de compartir la información con ellos.
- Respetar las fuentes de información.
- Ser recíproco y colaborar con los participantes, y sobre todo:
- Mantener la confidencialidad de la información obtenida.

Finalmente, es importante señalar que, así como el investigador tiene muchas obligaciones éticas con sus sujetos de estudios, al mismo tiempo tiene obligaciones éticas con sus colegas y la comunidad científica, entre las que destacan conocer en cualquier investigación sus desventajas técnicas y sus fallas en informar los resultados negativos, pues hay el mito de publicar solo las investigaciones con resultados positivos (Ojeda, 2007).

Sin embargo, en las ciencias suele ser tan importante que dos variables no estén relacionadas como saber que sí lo están. Del mismo modo, debe evitarse la tentación de salvar las apariencias describiendo descubrimientos como el producto de una estrategia analítica cuidadosamente planeada, cuando a sabiendas ello pudo no ser así.

## CAPÍTULO VI: TEMA Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 6.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación se enfoca en proponer estrategias para formar competencias genéricas en estudiantes universitarios de Ingeniería Mecánica y carreras profesionales afines cuya formación involucra directamente el uso de máquinas, para que puedan resolver problemas causados por las vibraciones mecánicas en el campo laboral. Como problema de investigación, se plantean las preguntas enunciadas en la tabla 19:

**TABLA 19:** Pregunta general y específicas de investigación

Pregunta general	Preguntas específicas
¿Qué competencias genéricas debe desarrollar el estudiante de una carrera de Ingeniería Mecánica o afín para resolver problemas de campo de Vibraciones Mecánicas?	<ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Qué conocimientos fundamentales debe tener el estudiante de Ingeniería Mecánica o afín para poder conocer y prever el fenómeno de las vibraciones mecánicas?</li><li>2. ¿Qué competencias genéricas debe tener el estudiante de Ingeniería Mecánica o afín para proponer la solución de problemas de vibraciones mecánicas en planta?</li></ol>

Fuente: Elaboración propia

Las respuestas a las preguntas deberán confirmar que el estudiante debe saber, tanto en forma científica y técnica, cómo resolver los problemas que generan la vibración de las máquinas, con el objeto de poder minimizar sus efectos, descartando técnicas empíricas –esencialmente correctivas–, y a la vez las causantes de que los costos de mantenimiento sean altos.

### 6.2. Objetivo de la investigación

El planteamiento de este problema nos llevó a establecer los objetivos mostrados en la tabla 20 a partir de hipótesis provenientes de la experiencia del autor de esta investigación en la asignatura Vibraciones Mecánicas:

**TABLA 20:** Objetivos general y específicos de investigación

OBJETIVOS		HIPÓTESIS	
General	Específicos	General	Específicos
Desarrollar competencias genéricas en la asignatura “Vibraciones Mecánicas” en los estudiantes de las carreras de antegrado de un centro de educación superior.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar las competencias genéricas vinculantes con las vibraciones mecánicas.</li> <li>2. Analizar y describir las estrategias más pertinentes para desarrollar competencias genéricas en vibraciones mecánicas.</li> </ol>	Los estudiantes de Ingeniería Mecánica y afines deben tener conocimientos fundamentales sobre Vibraciones Mecánicas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los estudiantes tienen conocimientos aplicados a la Ingeniería en Vibraciones Mecánicas.</li> <li>2. Los estudiantes egresarán sabiendo interpretar las consecuencias negativas que causan las vibraciones mecánicas en las máquinas y en el cuerpo humano.</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia

### 6.3. Categorías y sub-categorías estudiadas

Las categorías estudiadas van relacionadas con los objetivos e hipótesis específicas de nuestra investigación. En la tabla 21 se muestra ésta, así como las sub-categorías y sus componentes.

**TABLA 21:** Categoría y sub-categorías de estudio

CATEGORÍA	Sub-categorías	Componentes
Competencias genéricas en la asignatura “Vibraciones Mecánicas”	Formación en competencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación activa.</li> <li>• Mejora continua.</li> <li>• Información previa y oportuna.</li> <li>• Reflexión para la mejora.</li> <li>• Autoevaluación para ser competente.</li> <li>• Colaboración para fomentar valores.</li> </ul>
	Vibraciones mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Física de las vibraciones.</li> <li>• Consecuencias de las vibraciones.</li> <li>• Aspectos legales.</li> </ul>
	Mantenimiento para prevenir las consecuencias de las vibraciones mecánicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento preventivo.</li> <li>• Mantenimiento proactivo.</li> <li>• Mantenimiento predictivo.</li> <li>• Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM).</li> </ul>

CATEGORÍA	Sub-categorías	Componentes
Estrategias para desarrollar competencias genéricas en la asignatura Vibraciones Mecánicas	-----	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba de entrada.</li> <li>• Manejo de las TIC.</li> <li>• Evaluaciones escritas en aula y simuladas en computadora.</li> <li>• Prácticas de laboratorio entaller con rúbricas.</li> <li>• Proyecto final de asignatura con rúbricas.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Debe resaltarse que tanto al revisar el marco teórico como al organizar la información a partir de la experiencia profesional propia y de terceros, se llegó a establecer los componentes indicados.

#### 6.4. Metodología de la investigación

La presente es una investigación general de tipo cualitativa, basada en el paradigma interpretativo-cualitativo, orientada a proponer una innovación educativa, considerando instrumentos (por ejemplo, softwares y prácticas de laboratorio) como núcleos de la misma, contribuyendo –consecuentemente– a una mejor comprensión de la naturaleza y de las condiciones de aprendizaje (Rodríguez y Valldeoriola, 2009).

Al respecto, Gros (2016) establece una serie de rasgos que nos permite diferenciar entre una investigación como la presente con respecto a una de corte clásico–positivista:

- Se hace en contextos reales con la finalidad de corregir o evitar las distorsiones que hubieran causado los experimentos de laboratorio.
- Se inicia con un plan general y con materiales que no necesariamente están definidos al inicio de la investigación.
- Se van adecuando en función de la dinámica y el contexto.
- No pretende controlar variables, sino identificarlas para caracterizar la situación.
- No tiene como objetivo la réplica de las implementaciones realizadas, sino la mejora de la implementación y la generación de pautas para la

implementación de diseños educativos en situaciones con condiciones similares.

- No está orientado a demostrar hipótesis, sino al desarrollo de un perfil que caracterice el diseño en la práctica.
- Se lleva a cabo un análisis sistémico de las implementaciones educativas, donde las interacciones sociales entre los participantes son parte del análisis de la investigación.
- La toma de decisiones sobre el desarrollo de las diferentes etapas de la investigación no es responsabilidad única de los investigadores, sino de todos los participantes que intervienen en el proceso.

#### **6.4.1. Contexto de la investigación**

Como docente de la asignatura Vibraciones Mecánicas en la FIM – UNI desde el año 2012, he apreciado la insatisfacción de un buen número de estudiantes con respecto a la aplicación profesional de la asignatura, debido a que en las clases y evaluaciones de aula no se les enseña a comprobar lo que en realidad podría suceder en su desempeño laboral cuando tengan que resolver un problema vinculante.

Por eso, en el segundo párrafo de la introducción de esta tesis, p. 10, se expone que las cuatro carreras de la FIM – UNI están directamente involucradas con el funcionamiento de las máquinas, y en el primer párrafo de la p. 11 se advierte que los alumnos deben adquirir competencias suficientes para resolver un problema de campo debido a la vibración de las máquinas.

Por eso, es indispensable valernos de instrumentos de investigación que nos permita llegar a conclusiones que demuestren que la adquisición, empleo y manejo de competencias genéricas en Vibraciones Mecánicas hará que el desempeño académico de los estudiantes los conduzca al inicio de un buen desempeño laboral.

#### 6.4.2. Criterio de selección de la muestra de investigación

Siendo el objetivo esencial que los egresados de Ingeniería Mecánica y ramas afines adquirieran competencias en nuestra asignatura para lograr un desempeño satisfactorio en el campo laboral, se ha de tomar datos de los siguientes grupos de personas:

- a) Egresados e ingenieros en ejercicio profesional.
- b) Practicantes profesionales y pre-profesionales.
- c) Alumnos para quienes la asignatura es obligatoria:
  - Ingeniería Naval (M5)
  - Ingeniería Mecatrónica (M6)

Según los respectivos planes curriculares, ellos son alumnos del séptimo ciclo de estudios.

- d) Alumnos del noveno y décimo ciclo de estudios de las siguientes especialidades:
  - Ingeniería Mecánica (M3), para quienes la asignatura es electiva.
  - Ingeniería Mecánica – Eléctrica (M4), para quienes la asignatura no se ofrece en su plan curricular.

Ha de entenderse que el primer grupo de personas está mucho más involucrada en conocimiento sobre el tema de las vibraciones que los demás, razón por la cual han de aportar mayor información relevante por la responsabilidad que vienen asumiendo en el campo profesional, que podrían dar lugar –de parte de ellos– a plantear mínimas condiciones laborales en planta, para que incluso los practicantes se familiaricen con el ambiente de trabajo. Asimismo, sus respuestas pueden dar lugar a una propuesta de reforma curricular para las cuatro carreras consideradas en esta investigación.

La tabla 22 muestra la codificación y características de cada una de las personas seleccionadas.

**TABLA 22:** Status y características de las personas seleccionadas para el recojo de información.

<b>STATUS<sup>7</sup></b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
P1	Ingeniera mecánica – electricista, categoría senior, con ocho años de experiencia profesional en el rubro de la industria minera, en la cual priman fuertemente el ruido y el desgaste causados por las vibraciones mecánicas.
P2	Ingeniera mecánica, con quince años de experiencia profesional, y certificadora de operación y funcionamiento de equipos de ingeniería que involucran el empleo de maquinaria pesada.
P3	Ingeniero naval con grado académico de Doctor en su especialidad, con ocho años de experiencia profesional e investigador de proyectos navales relacionados con el control de vibraciones mecánicas.
PP1	Egresada de Ingeniería Naval, con grado académico de bachiller, aun no titulada, con mayor experiencia en logística y mantenimiento de maquinaria naval.
PP2	Egresado de Ingeniería Mecánica – Eléctrica, con experiencia de campo en montaje de maquinaria para centrales hidroeléctricas.
PPP1	Alumna del décimo ciclo de Ingeniería Mecánica, con experiencia en cálculo de elementos de máquinas y conocimiento en campo de las repercusiones de las vibraciones mecánicas.

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4.3. Técnica e instrumentos de recolección de la información

Para recolectar los datos de nuestra investigación se recurrieron a las siguientes técnicas:

<sup>7</sup> P = Profesional (ingeniero).  
PP = Practicante profesional.  
PPP = Practicante pre-profesional.

Los números adyacentes a cada código están relacionados solamente a la cantidad de personas que respondieron el cuestionario planteado, sin perjuicio de habérseles pedido precisar algunas cuestiones relevantes.

- El método Delphi.
- Encuestas de percepción sobre nuestra asignatura.

El método Delphi viene a ser uno de los más empleados últimamente por los investigadores para diferentes situaciones y problemáticas, tales como:

- Identificar temas por investigar.
- Especificar las preguntas de investigación.
- Identificar un marco teórico para fundamentar una investigación.
- Seleccionar variables de interés.
- Identificar las relaciones causales entre factores.
- Definir y validar constructos.
- Elaborar los instrumentos de análisis o recojo de información, y:
- Crear un lenguaje común para la discusión y gestión del conocimiento en un área científica.

Por lo que se deduce que el método es sumamente útil para los investigadores de ciencias sociales en general, y los de educación y comunicación en particular (Cabero e Infante, 2014).

Se decidió trabajar con el método Delphi, dado que nuestro trabajo reúne las siguientes características:

- La información disponible sobre nuestro tema de investigación es insuficiente; gracias al método se puede obtener la información que un participante posea (esencialmente de su experiencia).
- Se dispone de varios participantes expertos con quienes se puede efectuar un intercambio de conocimientos.
- Problemas de costos y tiempo afectaron la investigación, por lo que no fue posible realizarles una entrevista.
- La heterogeneidad de los participantes asegura la validez de los resultados, ya que así se evitan los encuentros cara a cara, y se previene cualquier intento de supremacía.



- En general, la técnica es recomendable porque los participantes expertos estaban físicamente dispersos, además que decidieron mantenerse en el anonimato.

Asimismo, la encuesta permite obtener información de los grupos en estudio sobre sus actitudes, opiniones, sugerencias, etc. (Martínez, 2011).

**TABLA 23:** Técnica de recolección de la información

Objetivo	Técnica	Instrumento
Recoger la percepción sobre los problemas que los participantes han comprobado que las vibraciones mecánicas ocasionan en el campo laboral.	Cuestionario con el método Delphi	Se empleó un cuestionario con preguntas organizadas de modo que se iba conociendo de manera gradual cuán familiarizado estaba el participante con el tema de las Vibraciones Mecánicas (tema central de la investigación).

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4.3.1. Diseño del cuestionario con el método Delphi

El cuestionario fue planteado solamente a los siguientes grupos de personas que recientemente adquirieron o tienen experiencia en campo, con cuyo consentimiento se cuenta, además de haberseles asegurado reserva y confidencialidad:

- Ingenieros y egresados en ejercicio profesional.
- Practicantes pre-profesionales y profesionales.

Se siguieron las recomendaciones de Cabero e Infante (2014), sobre todo con respecto a la selección de los participantes, de quienes se tuvo la certeza que tienen experiencia de campo en el rubro de las vibraciones mecánicas.

En la tabla 24 se presentan las preguntas debidamente organizadas planteadas en el cuestionario, precisando que no representa impedimento no haber llevado nuestra asignatura.

**TABLA 24:** Preguntas planteadas en el cuestionario.

<b>Criterio</b>	<b>Preguntas</b>
Status laboral según su formación profesional.	¿Qué actividad realizas para fortalecer tu formación en el campo profesional? 1. Práctica pre-profesional. 2. Práctica profesional. 3. Trabajo profesional.
Factibilidad para poder realizar trabajo en equipo.	¿Cuán fácil o difícil fue para ti adaptarte al medio de tu status laboral?
Familiarización con las máquinas.	¿Cuán involucrado está tu labor con las máquinas?
Reconocimiento de que las vibraciones mecánicas causan problemas.	¿Qué problemas se ha encontrado en la empresa debido específicamente a las vibraciones mecánicas? • Si la respuesta es afirmativa, ¿Cuál fue la máquina que más problemas causó en el contexto de las vibraciones? • Si la respuesta es negativa, ¿Cuál es la máquina que podría causar problemas si no se le da la atención apropiada?
Iniciativa para ofrecer y/o proponer soluciones de campo aplicando los conocimientos de la asignatura en las aulas.	¿Intentaste u ofreciste dar una solución?
Poder de decisión para la solución de problemas de campo debido a las vibraciones mecánicas.	• Si la respuesta es afirmativa, ¿En qué consistió la solución? • Si la respuesta es negativa, ¿Qué aduce la empresa para no resolverlo?
Formación académica en Vibraciones Mecánicas	¿Llevaste la asignatura <b>Vibraciones Mecánicas</b> ? • Si la respuesta es afirmativa, ¿Qué temas consideras que influyeron en dar tu solución? • Si la respuesta es negativa, ¿Sientes un vacío en tu formación profesional por no haber llevado el curso?
Formación académica en Ingeniería de Mantenimiento.	1. ¿Llevaste la asignatura <b>Ingeniería de Mantenimiento</b> ? 2. ¿Recibiste capacitación o tienes conocimientos sobre mantenimiento preventivo (MP) y/o predictivo (MPR)?

	3. ¿La capacitación te la ha brindado la empresa?; ¿Invertiste en capacitación en mantenimiento?; ¿Te han pedido ser autodidacta?
Capacidad para ofrecer información adicional que pueda aportar al objetivo de la investigación.	¿Qué más quisieras agregar? Si fuera alguna propuesta sobre la mejora del curso, o alguna expectativa relacionada con competencias para conocer sobre el tema, sería mejor.

Fuente: Elaboración propia.

Los cuestionarios fueron remitidos y recibidos por correo electrónico. La selección específica tuvo lugar con 12 personas, clasificadas de la siguiente manera:

- Cuatro ingenieros o egresados con experiencia en su campo profesional; ninguno labora en la ciudad de Lima.
- Cuatro practicantes profesionales; solo uno de ellos realizaba sus prácticas en Lima.
- Cuatro practicantes pre-profesionales; los cuatro realizaron sus prácticas en Lima.

Se tuvo el inconveniente que uno de los egresados, dos practicantes profesionales y tres practicantes pre-profesionales respondieron la mayoría de preguntas del cuestionario con las lacónicas respuestas “sí” o “no”, las cuales no aportaban nada a la investigación. Se les hizo un exhorto para que sean más amplios en sus respuestas; sin embargo, no volvieron a responder el cuestionario, por lo que fueron descartados definitivamente.

Así entonces, tal como se aprecia en la tabla 22, nos quedamos finalmente con las respuestas dadas por las seis personas cuyos códigos se indican, cuya calidad de sus respuestas mostraron mayor compromiso con el objetivo que se persigue.

En el anexo II se muestran las respuestas dadas por una de las personas consultadas.

#### 6.4.3.2. Diseño de la encuesta

Previo al diseño se solicitó autorización para su realización en aulas a los Directores de las Escuelas Profesionales de cada una de las especialidades de referencia. Se obtuvo la autorización solamente del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica; sin embargo, queda descartado que esta actividad no haya tenido conocimiento de las otras tres Escuelas.

En esta ocasión, solamente alumnos fueron encuestados. No fueron considerados los alumnos seleccionados como PPP para responder el cuestionario indicado en la tabla 24 (p. 103). Los grupos de encuestados fueron los siguientes:

- Alumnos para quienes la asignatura es obligatoria (M5 y M6).
- Alumnos del noveno y décimo ciclo de estudios de M3, para quienes la asignatura es electiva.
- Alumnos del noveno y décimo ciclo de estudios de M4, para quienes la asignatura no se ofrece en su plan curricular.

La encuesta se realizó en la décimo tercera semana de clases, porque para entonces los alumnos que llevaron nuestra asignatura disponían de los conceptos suficientes para poder tener una percepción apropiada a conciencia sobre la importancia y necesidad de la asignatura. Cada grupo tuvo un cuestionario diferenciado (anexos VII, VIII y IX), debido a que solo para el primer grupo nuestra asignatura es obligatoria.

Debido al número muy variado de alumnos por especialidad, y que el número promedio de alumnos que egresan en cada periodo académico en la FIM es cien, se decidió que un

universo máximo de 50 alumnos por cada cuestionario de encuesta sería representativo. Sin embargo, se encontró un número mayor de alumnos de M4, lo cual enriqueció el volumen de datos a analizar.

Se deja constancia en el presente trabajo de la dificultad de hacer las encuestas a cada universo de alumnos en máximo dos sesiones de las respectivas clases de cada especialidad durante la semana programada, debido a que el estatuto de la UNI consiente la no obligatoriedad de la asistencia a clases, no encontrando ni al 50% de alumnos matriculados en algunos casos; se tuvo que buscar a algunos alumnos en las aulas de cada asignatura en la que se encuentran matriculados para poder tener un número aceptable de encuestas.

#### 6.4.4. Validación del instrumento de medición

El instrumento fue validado por los siguientes profesionales:

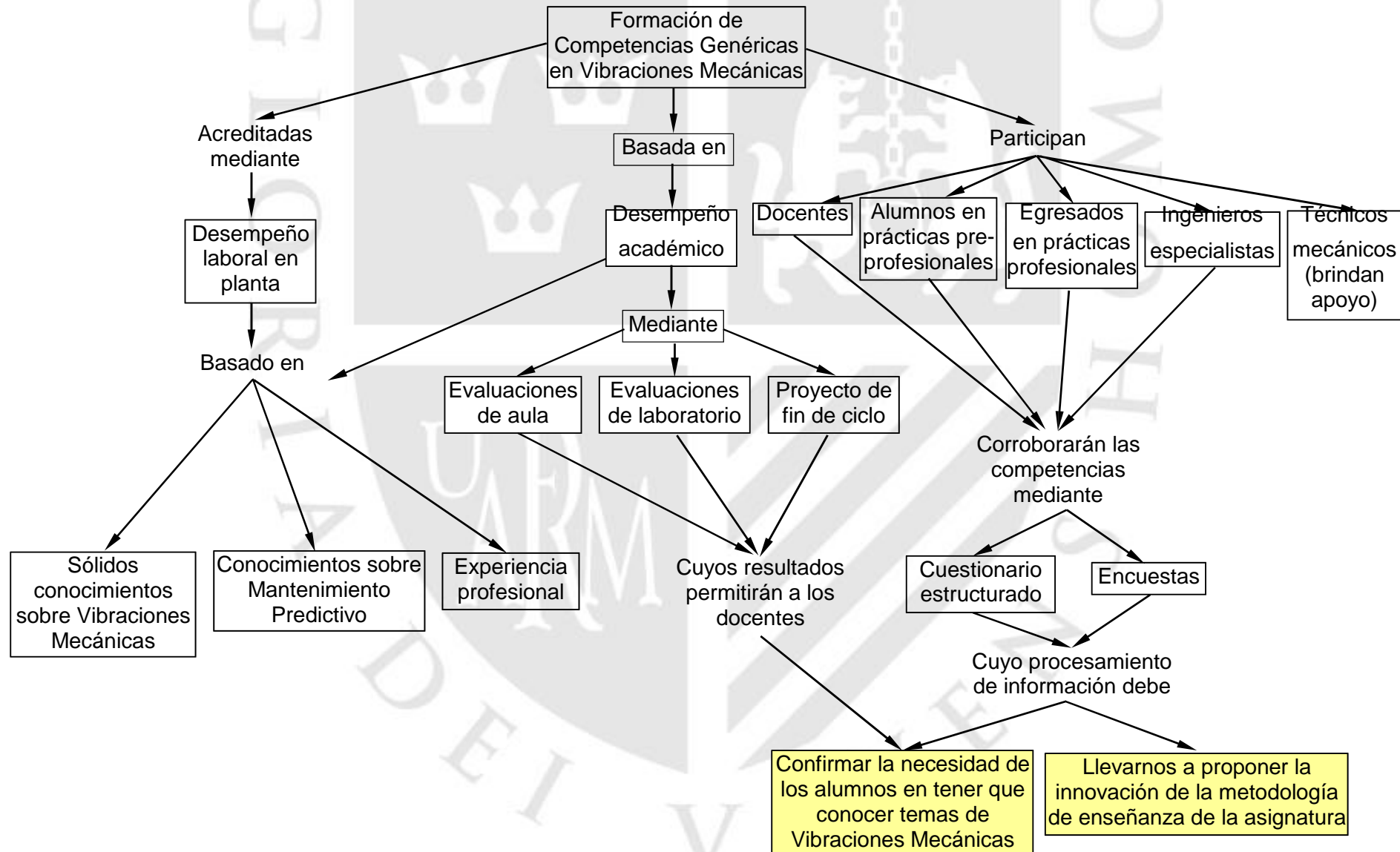
<b>Apellidos y nombre</b>	<b>Título profesional y Grado académico más alto</b>	<b>Experiencia o institución</b>
Acosta Pastor, Víctor	Ingeniero Naval. Maestro en Proyectos y Desarrollo de Empresas	Profesor principal ordinario de la UNI. Más de 30 años de experiencia profesional en la industria naval.
Coronado Matutti, Alberto	Ingeniero Mecánico. Doctor en Ingeniería Mecánica	Profesor asociado ordinario de la UNI. Investigador.
Villanueva Ure, Reynaldo	Ingeniero Mecánico – Electricista. Maestro en Energética	Profesor principal ordinario de la UNI. Más de 31 años de experiencia profesional en el sector eléctrico–energético.
Villota Cerna, Elizabeth	Ingeniera Mecánica. Doctora en Ingeniería Mecánica	Profesora asociada ordinaria de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Investigadora.

#### 6.4.5. Procesamiento y análisis de la información

La recolección de datos en sí misma no es suficiente para lograr las conclusiones de una investigación. Los datos son tan solo un material bruto a partir del cual un investigador debe realizar las acciones oportunas que lo lleven a estructurar el conjunto de información en un todo coherente y significativo. Así entonces, se define el análisis de la información como el conjunto de manipulaciones, transformaciones, operaciones, reflexiones y comprobaciones que se realiza sobre los datos, con el fin de extraer un significado relevante en relación a un problema de investigación (Rodríguez et al, 1996).

El objetivo esencial de la presente investigación es que nuestros egresados adquieran competencias genéricas en nuestra asignatura para lograr un desempeño satisfactorio en el campo profesional. Por ello, la información obtenida se procesará según el mapa conceptual mostrado en la figura 11.

**Figura 11: PROCESO A SEGUIR PARA EVALUAR LAS COMPETENCIAS EN VIBRACIONES MECÁNICAS**



## TERCERA PARTE: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta parte interpretamos tanto las respuestas dadas por las personas cuyas respuestas del cuestionario están más acorde a los objetivos de la tesis, así como la percepción de los estudiantes encuestados en forma global, lo cual nos ayudará a emitir conclusiones más concisas.

### CAPÍTULO VII: CONCEPCIÓN DE LAS PERSONAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN

Este capítulo se divide en tres acápite:

- En el primer acápite se interpreta la concepción de los ingenieros o egresados.
- En el segundo se interpreta la concepción de los practicantes profesionales y pre-profesionales.
- En el tercer acápite se interpreta la concepción de los alumnos encuestados.

#### 7.1. Concepción de los ingenieros o egresados.

En la p. 11 de la presente investigación se precisó que nuestra asignatura se instauró en la FIM en el primer semestre del año 2009; vale decir que ninguno de los ingenieros consultados la cursó; el más joven egresó en el año 2008.

Asimismo, en la FIM la asignatura **Ingeniería de Mantenimiento** es obligatoria solamente para los alumnos de M3; ninguno de los egresados consultados llevó la asignatura, por ser de carácter electivo o por no ser parte de su plan curricular cuando fueron alumnos.

**CONCEPCIÓN N° 1.-** Al inicio de su labor profesional, los egresados eran conscientes que en el tiempo las vibraciones iban a causar problemas a la salud



y en el funcionamiento de las máquinas, por la emisión de un alto nivel de ruido. Lamentaron no haber tenido formación académica en aula universitaria que les haya permitido –en su oportunidad– proponer alguna solución específica al problema suscitado entonces.

Mas bien, para poder solucionar determinado problema tuvieron que recurrir a la experiencia del personal técnico en mantenimiento (se presume que bien capacitado en materia vibracional) para emitir sus diagnósticos a partir de una consulta técnica y/o intercambio de ideas.

**CONCEPCIÓN N° 2.-** Reconocen que hubiera sido excelente llevar nuestra asignatura, para no tener apremios cuando se les asignó solucionar problemas de campo causados por las vibraciones de las máquinas.

**CONCEPCIÓN N° 3.-** Conforme fueron adquiriendo experiencia, reconocieron cuán importante es tener conocimientos sobre vibraciones mecánicas, y de manera consecuente en mantenimiento predictivo y preventivo.

Sin embargo, a la fecha de haber planteado los cuestionarios, algunos egresados no contestaron si recibieron capacitación en las materias, ya sea por exigencia de sus empresas o por iniciativa propia. Se presume que en el tiempo lograron adquirir competencias específicas.

**CONCEPCIÓN N° 4.-** En la actualidad, con bastante experiencia profesional acumulada, proponen que nuestra asignatura forme parte del plan curricular de sus carreras, debido a que en el campo laboral es común tener que resolver problemas de vibraciones.

En efecto, los ingenieros que respondieron satisfactoriamente el cuestionario (p. 102, tabla 24), y que adquirieron competencias específicas en el tiempo, con el respaldo de algunas competencias genéricas, dieron los siguientes testimonios de su experiencia, en bien de una formación más competitiva en sus respectivas carreras profesionales y poder estar preparados para enfrentar problemas de vibraciones mecánicas en el campo laboral, que ellos desearon tener desde las aulas universitarias.

**TABLA 25: Testimonio brindado por ingenieros que laboran en su campo profesional**

INGENIERO	TESTIMONIO
P1	“Considero importante que se tome en cuenta este tema en el currículo de la carrera profesional de Ing. Mecánica-Eléctrica, por ser muy frecuente en el campo laboral”.
P2	“En el curso se debe manejar un pequeño proyecto en el cual se concluya con la evaluación de un equipo. Así, al final se tendrían diferentes equipos para analizar con protocolos propuestos o quizás se muestre el uso de determinado equipo, y el aprendizaje del curso sería muy productivo”.
P3	<p>“..... Los cursos de vibraciones que llevé no se calificaban por exámenes o prácticas, sino por un proyecto final. Esto es, en el inicio del periodo se daba un tema específico, p.e. vibración del eje propulsor de un navío por mal alineamiento y durante todo el periodo teníamos que ir desarrollando el tema por diferentes abordajes (métodos analíticos, modelos simplificados, métodos numéricos – Elementos Finitos) para finalmente exponer nuestra solución ante un jurado..</p> <p>Este tipo de proyectos permitieron no quedarnos simplemente en memorizar o aprender fórmulas analíticas, sino que permite aplicar otras herramientas (métodos numéricos, modelos semi-empíricos) a problemas reales y comparar soluciones con cada tipo de abordaje, conociendo las limitaciones de cada metodología empleada”.</p>

## 7.2. Concepción de los practicantes profesionales y pre-profesionales.

Se propuso el cuestionario a los alumnos en prácticas pre-profesionales y egresados en prácticas profesionales que llevaron nuestra asignatura o no. Se debe tener en cuenta que ellos son quienes en la actualidad mostrarían tener las primeras competencias genéricas en la materia. Sin embargo, no se descarta que algún alumno de M4 hubiera adquirido o tuviera competencias genéricas en el tema sin necesidad de haber llevado nuestra asignatura, en caso ya hubiera realizado prácticas pre-profesionales.

**CONCEPCIÓN N° 1.-** Durante su periodo de prácticas realizaron cálculos de Ingeniería debidamente supervisados; cuando de dichos cálculos se concluía realizar cambio de piezas o de accesorios, fue indispensable considerar que las vibraciones tengan lugar en rangos permisibles luego de la respectiva puesta en funcionamiento.

**CONCEPCIÓN N° 2.-** La experiencia ganada en el periodo de prácticas los hizo reconocer el gran valor académico de la asignatura, siendo capaces de plantear soluciones a problemas suscitados en planta.

**CONCEPCIÓN N° 3.-** Los practicantes reconocen la importancia de tener formación académica también en Ingeniería de Mantenimiento, ya que su aplicación es indiscutible en todas las carreras afines a la Ingeniería Mecánica.

En este contexto, el testimonio de dos de los practicantes que respondieron el cuestionario satisfactoriamente fue muy relevante, que los llevó a concluir cuán importante es nuestra asignatura en su formación profesional, que les ha permitido adquirir algunas competencias específicas a partir de las genéricas con que lograron conseguir sus prácticas, y así estar preparados para enfrentar problemas de vibraciones mecánicas en su campo laboral:

**TABLA 26: Testimonio de practicantes en relación a la experiencia laboral en formación**

PRACTICANTE	TESTIMONIO
PP2	<p>“Por una alta vibración se vio afectada la generación de energía, ya que provocó directamente una disminución en la eficiencia mecánica de la turbina.....”.</p> <p>“Considero que los cursos de vibraciones mecánicas e ingeniería de mantenimiento deberían ser obligatorios, ya que en el campo laboral los temas se ven de manera directa e indirecta, cual sea el cargo que ocupe cualquier profesional de las especialidades de la FIM”.</p>
PPP1	<p>“El curso de vibraciones mecánicas es sumamente importante, no solo para los que estudian ingeniería naval y mecatrónica; todas las especialidades de la FIM deberían llevarlo como parte de su currícula. Además, debería contar con horas de laboratorio, ya que es un curso bastante experimental”.</p>

### 7.3. Percepción de los alumnos encuestados.

Las encuestas realizadas tienen como objetivo esencial obtener conclusiones cualitativas a partir de una percepción cuantitativa que ha de guardar relación con el diagnóstico dado al inicio de la investigación (p. 11). No se descarta que los alumnos encuestados hubieran estado realizando o realizado

prácticas pre-profesionales, los mismos que no fueron considerados en el cuestionario descrito arriba.

La cantidad de encuestas logradas fue la siguiente:

- |   |    |
|---|----|
| a) Ingeniería Mecánica (M3):                            | 34 |
| b) Ingeniería Mecánica–Eléctrica (M4):                  | 53 |
| c) Ingeniería Naval (M5) e Ingeniería Mecatrónica (M6): | 39 |

Téngase en cuenta que las especialidades M5 y M6 son las únicas en las que nuestra asignatura es obligatoria, y que el número de alumnos matriculados en ella en cada semestre académico es treinta y cinco en promedio. Asimismo, las asignaturas **Dinámica** y **Ecuaciones Diferenciales** es común para las cuatro especialidades de la FIM.

Las tablas 27, 28 y 29 muestran los resultados de las encuestas para cada especialidad al final del análisis e interpretación de los mismos.

#### 7.3.1. Alumnos de Ingeniería Mecánica – Eléctrica

- 30 alumnos desean que nuestra asignatura forme parte del plan curricular de su especialidad, pero con carácter electivo, mientras que solo 22 desean que sea de carácter obligatorio.

Una de las razones que los primeros esgrimen es que su carrera debe estar más orientada en asignaturas que fortalezcan la formación en tópicos de Electricidad.

- 26 alumnos afirman que la asignatura **Dinámica** (del cuarto ciclo) contribuye poco a su formación profesional. Se presume que el interés a futuro del grupo encuestado no guarda relación con los tópicos estudiados en ella.
- No sucede lo mismo con la asignatura **Ecuaciones Diferenciales** (también del cuarto ciclo), en la cual nuestra asignatura es vista en

forma muy general: 25 alumnos opinan que la primera contribuye de manera aceptable en su formación profesional, mientras que solo 19 afirman que contribuye poco.

Contrastando los resultados, se concluye que los alumnos reconocen su alta competencia en la asignatura **Ecuaciones Diferenciales**, pero no así en la asignatura **Dinámica**.

- Con relación al reconocimiento de fallas esenciales ocasionadas por las vibraciones, 22 alumnos afirman que podrían clasificar por intuición (un poco) la severidad de vibración de una máquina, y el mismo número de alumnos puede determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s) de la misma forma.

De estos resultados se infiere que los estudiantes podrían lograr determinar las fallas planteadas si nuestra asignatura tuviera en su proyecto formativo la realización de experiencias de laboratorio, así como la incorporación de nuevos tópicos.

- 27 alumnos afirman que llevarían nuestra asignatura aún si no la requirieran en su ejercicio profesional, mientras que 22 alumnos lo harían solo si su ejercicio profesional lo requiere. Lo cierto es que se muestra un gran interés de los alumnos cercanos a egresar por tener formación académica en nuestra asignatura.
- 35 alumnos llevarían la asignatura **Ingeniería de Mantenimiento** (que en la actualidad es electiva) independientemente si tuvieran o no que resolver problemas de mantenimiento en su ejercicio profesional.

Se infiere que hay un alto interés por dicha asignatura, en la cual se ofrecen conceptos sobre mantenimiento preventivo y predictivo, que guardan gran relación con el tema de las vibraciones mecánicas.

### 7.3.2. Alumnos de Ingeniería Mecánica

- 28 alumnos afirman que nuestra asignatura debe ser obligatoria; se infiere que hay fuerte conciencia en los alumnos sobre su relevancia en su formación profesional.

- 14 alumnos afirman que la asignatura **Dinámica** (del cuarto ciclo) contribuye poco a su formación profesional. Se presume que el interés a futuro del grupo encuestado no guarda relación con los tópicos estudiados en ella.
- No sucede lo mismo con la asignatura **Ecuaciones Diferenciales** (también del cuarto ciclo), en la cual nuestra asignatura es vista en forma muy general: 14 alumnos opinan que la primera contribuye de manera aceptable en su formación profesional, mientras que solo 10 afirman que contribuye poco.

Contrastando los resultados, se concluye que los alumnos de ese grupo reconocen su alta competencia en la asignatura **Ecuaciones Diferenciales**, pero no así en la asignatura **Dinámica**.

- Con relación al reconocimiento de fallas esenciales ocasionadas por las vibraciones, 14 alumnos afirman que podrían clasificar por intuición (un poco) la severidad de vibración de una máquina, mientras que 12 alumnos puede determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s) de la misma forma.

Al igual que los alumnos encuestados de M4, de los resultados se infiere que los estudiantes podrían lograr determinar las fallas planteadas sin nuestra asignatura tuviera en su proyecto formativo la realización de experiencias de laboratorio, así como la incorporación de nuevos tópicos.

- Habiendo tomado conocimiento que desde el año 2018 nuestra asignatura será obligatoria en el nuevo plan curricular, casi la totalidad de alumnos encuestados muestran su interés por tener formación en la asignatura, aún si no lo requirieran en cualquier plazo.

Finalmente, 28 alumnos afirman que requieren ir adquiriendo experiencia en el campo laboral para poder afirmar la relevancia del mantenimiento predictivo en su profesión.

### 7.3.3. Alumnos de Ingeniería Naval y Mecatrónica

La suma de alumnos de estas dos carreras es significativamente menor que cualquiera de las otras dos carreras. Con nuestra asignatura, que al cierre de la presente investigación ya lleva nueve años académicos, hay resultados que contrastan lo respondido por los alumnos de las otras dos especialidades ya encuestadas.

Asimismo, se tiene conocimiento sobre el proyecto formativo de nuestra asignatura en otras universidades extranjeras, con sus carreras acreditadas por la ABET.

- 14 alumnos afirman que la asignatura **Dinámica** (del cuarto ciclo) contribuye poco a su formación profesional. Se presume que el interés a futuro del grupo encuestado no guarda relación con los tópicos estudiados en ella.

No sucede lo mismo con la asignatura **Ecuaciones Diferenciales** (también del cuarto ciclo), en la cual nuestra asignatura es vista en forma muy general: 12 alumnos opinan que la primera contribuye de manera aceptable en su formación profesional, mientras que solo 9 afirman que contribuye poco.

Contrastando los resultados, se concluye que los alumnos de ese grupo reconocen su alta competencia en la asignatura **Ecuaciones Diferenciales**, pero no así en la asignatura **Dinámica**.

- En relación a las herramientas matemáticas que nuestra asignatura emplea para resolver aplicaciones cercanas a la real, es unánime la posición del alumnado sobre su ventaja; sin embargo, consideran que los casos deberían estudiarse utilizando softwares de simulación.
- Con relación al reconocimiento de fallas esenciales ocasionadas por las vibraciones, 26 alumnos afirman saber cómo determinar entre bien y poco la severidad de vibración de una máquina, mientras que 11 alumnos afirman que requerirían capacitación para determinarlo.

Se infiere que en algunas asignaturas llevadas por los alumnos – o que estarían llevando en paralelo con nuestra asignatura– les dan por lo menos una noción sobre el caso.

- Asimismo, 26 alumnos podrían determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s) con previa capacitación, mientras que 11 alumnos afirman que pueden determinar la falla sin mayor problema.

De estos resultados se infiere que todos los estudiantes de las especialidades podrían lograr determinar las fallas planteadas si nuestra asignatura tuviera en su proyecto formativo la realización de experiencias de laboratorio, así como la incorporación de nuevos tópicos.

- En la pregunta 8, es prácticamente unánime la posición de que nuestra asignatura sea dictada con softwares de simulación, así como con experiencias de laboratorio.



- En la pregunta 9, 26 alumnos manifiestan que la evaluación de nuestra asignatura debería comprender únicamente trabajos mas un proyecto final, mientras que 13 alumnos manifiestan que se debe continuar tomando exámenes escritos.

Estos resultados son muy relevantes en la presentación del proyecto formativo.

- En la pregunta 10, todos los alumnos valoran la asignatura **Ingeniería de Mantenimiento** en sus respectivas especialidades, pero la mayoría considera su importancia mientras vayan adquiriendo experiencia profesional.

**TABLA 27: Resultado de la encuesta tomada a estudiantes de Ingeniería Mecánica – Eléctrica (M4)**

Pregunta	Enunciado	Número de respuestas recogidas						TOTAL
		A	B	C	D	E	F	
1	Sabiendo que cualquier labor de tu carrera profesional implicará necesariamente el funcionamiento y operación de máquinas, ¿Consideras que la asignatura <b>Vibraciones Mecánicas</b> debería formar parte del plan curricular? ¿De manera obligatoria o electiva?	22	30	1	---	---	---	53
2	La respuesta de esta pregunta dependía de que los encuestados respondieran si no consideraban indispensable que la asignatura <b>Vibraciones Mecánicas</b> forme parte del plan curricular de la especialidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un alumno respondió no solo que la asignatura debe ser obligatoria, sino también que debe incluir otra asignatura vinculante.</li> <li>• Otro alumno respondió que no es indispensable; mas bien se debería incluir un curso más relacionado con sistemas de potencia eléctrica.</li> </ul>						2
3	¿Qué cantidad de conocimientos consideras que el capítulo <b>Vibraciones Mecánicas</b> de la asignatura de <b>Dinámica</b> , que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, está aportando a tu formación profesional?	4	6	9	26	1	7	53
4	Asimismo, en la asignatura <b>Ecuaciones Diferenciales (MB 155)</b> , que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, se te enseñó cómo se aplican las ecuaciones diferenciales para resolver problemas de <b>Vibraciones Mecánicas</b> . ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que saber resolver problemas de esa materia está aportando a tu formación profesional?	0	5	25	19	2	2	53
5	¿Podrías clasificar a una máquina según su severidad de vibración?	0	9	22	18	4	---	53
6	¿Podrías determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s)?	2	8	22	15	6	---	53
7	¿Cursarías la asignatura <b>Vibraciones Mecánicas</b> si ésta fuera incorporada como electiva en el nuevo plan curricular que se está elaborando?	27	22	2	2	---	---	53
8	¿Cursarías la asignatura <b>Ingeniería de Mantenimiento</b> ?	35	14	1	3	---	---	53

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 28: Resultado de la encuesta tomada a estudiantes de Ingeniería Mecánica (M3)**

Pregunta	Enunciado	Número de respuestas recogidas						TOTAL
		A	B	C	D	E	F	
1	Sabiendo que cualquier labor de tu carrera profesional implicará necesariamente el funcionamiento y operación de máquinas, ¿Consideras que la asignatura <b>Vibraciones Mecánicas</b> debería formar parte del plan curricular de manera obligatoria o electiva?	28	6	---	---	---	---	34
2	La respuesta de esta pregunta dependía de que los encuestados respondieran si consideraban que la asignatura <b>Vibraciones Mecánicas</b> debería mantenerse como electiva.	Solamente seis alumnos sustentaron por qué la asignatura debería mantenerse como electiva.						6
3	¿Qué cantidad de conocimientos consideras que el capítulo <b>Vibraciones Mecánicas</b> de la asignatura de <b>Dinámica</b> , que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, está aportando a tu formación profesional?	0	2	10	14	3	5	34
4	Asimismo, en la asignatura <b>Ecuaciones Diferenciales (MB 155)</b> , que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, se te enseñó cómo se aplican las ecuaciones diferenciales para resolver problemas de <b>Vibraciones Mecánicas</b> . ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que saber resolver problemas de esa materia está aportando a tu formación profesional?	1	2	14	10	7	0	34
5	¿Podrías clasificar a una máquina según su severidad de vibración?	0	6	10	14	4	---	34
6	¿Podrías determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s)?	1	9	6	12	6	---	34
7	Sabiendo que la asignatura <b>Vibraciones Mecánicas</b> será incorporada como obligatoria a partir del año 2018, ¿Cursarías la asignatura de manera libre luego de haber egresado?	16	17	0	1	---	---	34
8	¿Consideras que los tópicos estudiados sobre <b>mantenimiento predictivo</b> en la asignatura <b>Ingeniería de Mantenimiento</b> son suficientes para poder desenvolverte en el corto y mediano plazo en el campo laboral?	4	28	1	1	---	---	34

Fuente: Elaboración propia



**TABLA 29: Resultado de la encuesta tomada a estudiantes de Ingeniería Naval (M5) e Ingeniería Mecatrónica (M6)**

Pregunta	Enunciado	Número de respuestas recogidas						TOTAL
		A	B	C	D	E	F	
1	Marca la especialidad que estás estudiando	8 (M5)	31 (M6)	---	---	---	---	39
2	¿Qué cantidad de conocimientos consideras que el capítulo <b>Vibraciones Mecánicas</b> de la asignatura de <b>Dinámica</b> , que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, está aportando a tu formación profesional?	6	8	14	10	0	1	39
3	Asimismo, en la asignatura <b>Ecuaciones Diferenciales (MB 155)</b> , que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, se te enseñó cómo se aplican las ecuaciones diferenciales para resolver problemas de <b>Vibraciones Mecánicas</b> . ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que saber resolver problemas de esa materia está aportando a tu formación profesional?	10	12	9	7	0	1	39
4	¿Crees que la asignatura <b>MC 571</b> te ofrece los temas mínimos para poder desenvolverte satisfactoriamente en una práctica pre-profesional o profesional?	29	10	---	---	---	---	39
5	¿Tienes claras las ventajas de utilizar las transformadas de Laplace y las series de Fourier para resolver sistemas vibratorios?	15	24	---	---	---	---	39
6	¿Podrías clasificar a una máquina según su severidad de vibración?	1	13	13	11	1	---	39
7	¿Podrías determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s)?	1	11	15	10	2	---	39
8	¿Debería la asignatura involucrar prácticas de laboratorio con softwares de simulación con Métodos Numéricos, así como con motores y elementos mecánicos?	38	1	---	---	---	---	39
9	¿Debería la asignatura tener exámenes en su evaluación, o únicamente trabajos prácticos con informes de laboratorio y algún proyecto al final del periodo académico?	12	27	---	---	---	---	39
10	Las siguientes asignaturas son electivas en los respectivos planes curriculares: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mantenimiento y Reparación de Maquinaria Naval (MV 355)</b>, para M5.</li> <li>• <b>Ingeniería de Mantenimiento (MC 654)</b> para M6.</li> </ul> Sabiendo que los problemas que causarían las vibraciones mecánicas se pueden predecir mediante el <b>mantenimiento predictivo</b> , ¿Consideras que la respectiva asignatura contribuiría eficazmente en tu formación profesional, aun cuando hayas egresado?	16	21	1	1	---	---	39

**Fuente:** Elaboración propia

## **CUARTA PARTE: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A partir de las respuestas de los ingenieros, egresados y practicantes al cuestionario Delphi planteado y las encuestas a los alumnos, se ha llegado a comprender la importancia y necesidad de desarrollar las competencias genéricas a través de las asignaturas que se desarrollan en los ciclos superiores, esencialmente en vibraciones mecánicas, las cuales se exponen acorde a nuestra categoría central, y en el contexto de las sub-categorías identificadas.

En el contexto de la formación en competencias.

- A.1. Los ingenieros y egresados participantes que egresaron antes del año 2008 reconocieron la importancia de nuestra asignatura durante su ejercicio profesional, con la consecuente necesidad de ser dotado de competencias en ella. Asimismo, reconocieron la importancia de la asignatura Ingeniería de Mantenimiento, porque:
- Están totalmente involucrados en sus respectivas carreras profesionales.
  - Aportan significativamente en el desarrollo de las competencias profesionales establecidas por la ABET (p. 44 de la tesis).
- A.2. La falta de competencias genéricas en vibraciones mecánicas en los profesionales que egresaron antes del año 2009 no les permitió proponer soluciones técnicas por iniciativa propia en su oportunidad cuando una máquina registraba malfuncionamiento por efecto vibratorio, que daba lugar paradas de mantenimiento quizás no programada; mas bien requirieron del apoyo del personal técnico capacitado en el rubro, que sin duda los llevó en el tiempo a adquirir dichas competencias en forma parcial.
- A.3. Los avances tecnológicos y las tendencias cambiantes del mundo actual hacen que los planes curriculares deban incluir nuestra asignatura en las

carreras materia de la presente investigación, los mismos que deben incluir un proyecto de pre-análisis sobre las consecuencias de las vibraciones mecánicas para asegurar la adquisición de competencias genéricas en las aulas universitarias.

A.4. Es indispensable que el profesional de Ingeniería Mecánica y ramas afines sea dotado de competencias genéricas también en Ingeniería de Mantenimiento para resolver problemas de campo en vibraciones mecánicas cuando haya egresado, priorizando el de tipo predictivo.

A.5. Todas las personas que respondieron el cuestionario, gracias a la experiencia adquirida durante sus prácticas o desempeño profesional en los temas ligados a nuestra asignatura y sobre Ingeniería de Mantenimiento en la presente década –gracias a la gran información disponible en la actualidad, imposible de conseguir hasta hace tres décadas– nos lleva a concluir que, para vaticinar un buen desempeño laboral, es indispensable fortalecer las siguientes competencias genéricas:

- Capacidad de organización y planificación.
- Capacidad para comunicarse con personas no expertas.
- Conocimiento de instrumentos de medición.
- Capacidad de uso de las TIC.
- Capacidad de análisis de gráficas.
- Capacidad de toma de decisiones.

A.6. Los resultados de las encuestas demuestran que la gran mayoría de los alumnos encuestados tienen grandes competencias en el uso aplicativo de las ecuaciones diferenciales, primera herramienta matemática indispensable que les permite consolidar su capacidad de análisis, pero no en los conceptos de Dinámica, primera asignatura de formación en Ingeniería representativa para iniciar la formación de competencias genéricas en nuestra asignatura, lo cual conlleva a tener que fortalecerla en forma apropiada durante su desarrollo.

A.7. En gran cantidad, los alumnos encuestados de las cuatro especialidades son conscientes de la importancia de los conocimientos impartidos en nuestra asignatura, pero reconocen no saber mucho sobre detección de algunas fallas elementales que puede causar el fenómeno de las vibraciones. Esto significa que se hace indispensable implementar prácticas de laboratorio en taller, que les permita comprender cuáles son las causas de dichas fallas; ello conllevará a que los alumnos adquieran las siguientes competencias genéricas, concordantes con las establecidas por la ABET (p. 44):

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Capacidad para usar las técnicas, habilidades y modernas herramientas de Ingeniería, necesarias para el ejercicio profesional.
- Capacidad para identificar y resolver problemas de campo.
- Desarrollar sus habilidades interpersonales (trabajo en equipo).

A.8. Según los resultados de la encuesta a los alumnos de M4, la gran mayoría de ellos, para quienes nuestra asignatura no forma parte del plan curricular en la actualidad, confirman ser conscientes de la necesidad de tener competencias en temas sobre vibraciones mecánicas, debido a que reconocen que en el montaje y puesta a prueba de las máquinas requieren ser competentes para atenuar y superar los problemas que las vibraciones generan.

A.9. Los resultados de las encuestas hechas a los alumnos de M3 y M4 reflejan que son conscientes que al egresar aún adolecen de conocimientos que les permita tener competencias para asegurar el inicio de un desempeño laboral satisfactorio; de ahí que hayan respondido tener interés en llevar tanto nuestra asignatura (para los alumnos de ambas especialidades) como Ingeniería de Mantenimiento (solo M4) al final de sus estudios.

A.10. La respuesta de la mayoría de alumnos de las especialidades M5 y M6 en sus respectivas encuestas demuestran que se hace indispensable

que nuestra asignatura modifique su sistema de evaluación por uno que priorice sus aplicaciones para asegurar la adquisición de competencias genéricas, y por ende su aprendizaje para asegurar el inicio de un buen desempeño laboral.

A. En el contexto de las vibraciones mecánicas

B.1. Los ingenieros y egresados admitieron ser conscientes de los efectos dañinos de las vibraciones mecánicas en el funcionamiento de las máquinas y a la salud por el alto nivel de ruido que ocasionan, lo cual justifica el uso de adecuados equipos de protección personal de seguridad (esencialmente orejeras y botas aislantes de vibración).

B.2. Tomaron conciencia que el efecto de las vibraciones mecánicas influye en el desgaste de las piezas mecánicas y en la salud de las personas, por lo que todo cálculo de Ingeniería que realicen sobre dichas piezas debe servir para prever la frecuencia de reemplazo o mantenimiento de la misma.

B. En el contexto del mantenimiento para prevenir vibraciones mecánicas.

C.1. Los alumnos de M4 que tienen algunos conocimientos sobre el tema, y que a la fecha de la encuesta ya habrían hecho sus prácticas pre-profesionales, desean conocer también técnicas que enseñen a predecir el comportamiento mecánico de las máquinas (en obvia vibración) antes de pasar por una parada de mantenimiento.

C.2. Las conclusiones anteriores respaldan la posición de que el mantenimiento predictivo juega un papel indispensable en la formación de competencias genéricas. Sin embargo, ya que las cuatro carreras profesionales materia de la presente investigación están involucradas con el funcionamiento y operación de máquinas, resulta indispensable que los egresados tengan conocimientos esenciales de Ingeniería de Mantenimiento.



Así entonces, para asegurar que los egresados de las carreras involucradas en la presente investigación hayan adquirido las competencias genéricas indispensables para iniciar un buen desempeño laboral, de acuerdo a las respuestas dadas por los ingenieros en los cuestionarios, se dan las siguientes recomendaciones:

1. Adecuar la enseñanza de nuestra asignatura a los estándares de la ABET, iniciando la misma con una prueba de entrada para determinar las fortalezas y debilidades de los alumnos matriculados.
2. Incrementar la extensión horaria semanal de nuestra asignatura de cuatro a cinco horas, con el consecuente aumento de su creditaje, de tres a cuatro créditos.
3. Incorporar en el sílabo de nuestra asignatura los siguientes tópicos:
  - Determinación de la severidad de vibración.
  - Determinación de la intensidad de balanceo de ejes.
4. Incorporar las siguientes estrategias en nuestra asignatura, con el propósito de consolidar el desarrollo de las competencias a favor de las evaluaciones, concordantes con lo establecido en las tablas 6, 8 y 9 de la presente tesis:
  - Realización de una prueba de entrada.
  - Realización de prácticas de laboratorio en computadoras personales mediante el uso de softwares de simulación, adicionales a las dos primeras prácticas calificadas escritas.
  - Realización de experiencias de laboratorio en taller con rúbricas.
  - Realización de un proyecto final de asignatura con rúbricas.

Ello se traduce en el consecuente cambio de sistema de evaluación (en el caso de la UNI es el sistema D – anexo X), suprimiendo los tradicionales exámenes escritos de aula.

5. Exhortar a los docentes de la asignatura Dinámica a enfatizar a los alumnos la importancia de nuestra asignatura en la Ingeniería, con aplicaciones iniciales que despierten interés y mantengan su expectativa para cuando deban llevarla, y tener que resolver aplicaciones similares a las reales.
6. Durante el desarrollo de nuestra asignatura se debe asegurar que los alumnos tengan bien claros los conocimientos esenciales de Cinética del Cuerpo Rígido, ya que los sistemas mecánicos vibrantes están formados con cuerpos cuyo comportamiento está fundamentado en ese tema.
7. La Facultad debe organizar cursos libres certificados de Vibraciones Mecánicas e Ingeniería de Mantenimiento para los egresados, con el objeto de fortalecer sus competencias genéricas, que podría lograr que en su desempeño laboral puedan desarrollar o reforzar sus competencias genéricas.
8. La Facultad debe proceder a realizar la reforma curricular en sus especialidades, de modo que nuestra asignatura sea obligatoria en la especialidad de M3, manteniendo dicha condición en las especialidades de M5 y M6; para M4 debe incorporarla en condición electiva.

Para el caso de la asignatura Ingeniería de Mantenimiento, la reforma curricular planteada debería dar lugar a su incorporación con carácter obligatorio para las especialidades de M4 y M6, y la asignatura **Mantenimiento y Reparación de Maquinaria Naval** debe pasar a la condición de obligatoria en Ingeniería Naval.

9. Como producto final del análisis e interpretación de los resultados dados en los acápites precedentes, se propone el siguiente proyecto formativo (tabla 30), que a nuestro juicio ha de permitir que los estudiantes de las carreras involucradas en la presente investigación logren las competencias genéricas necesarias para que puedan iniciarse con buen desempeño en el campo laboral, teniendo en cuenta las competencias establecidas por la ABET, según se expone en la tabla 6 (p. 44) de la presente tesis:

**TABLA 30. Proyecto Formativo para la Asignatura Vibraciones Mecánicas**

1. Estructura formal	<p><b>Nombre de la asignatura:</b> Vibraciones Mecánicas.</p> <p><b>Escuela Profesional:</b> M3 – M4* – M5 – M6 (*) Electivo</p> <p><b>Ubicación:</b> Séptimo ciclo</p> <p><b>Código de la asignatura:</b> MC 571</p> <p><b>Créditos:</b> 4</p> <p><b>Competencias previas<sup>8</sup>:</b> Para M3: MB 536, MC 325 Para M4: MB 536, MC 361 Para M5: MB 536, MV 477 Para M6: MB 536, MC 361</p> <p><b>Extensión horaria:</b> Teoría: 3 h semanales. Práctica: 2 h semanales.</p> <p><b>Horas de asesoría:</b> 2 h semanales</p> <p><b>Horas de trabajo independiente:</b> 2 h semanales</p> <p><b>Sistema de evaluación:</b> D (ver anexo X).</p>
2. Competencias a adquirir al final de la asignatura (según la tabla 6)	
Competencia	Objetivo
4	2.1. Reconocer la importancia del estudio de las vibraciones mecánicas.
1 y 4	2.2. Plantear las ecuaciones de movimiento de un sistema vibratorio libresco sin amortiguamiento de un grado de libertad a partir de la Segunda Ley de Newton y el Principio de Conservación de la Energía Mecánica.
1, 3 y 4	2.3. Resolver problemas representativos de vibraciones libres de un grado de libertad sin amortiguamiento.
1 y 4	2.4. Plantear las ecuaciones de movimiento de un sistema vibratorio libre con amortiguamiento de un grado de libertad a partir de la Segunda Ley de Newton.
1, 2, 3 y 4	2.5. Resolver problemas representativos de vibraciones libres de un grado de libertad con amortiguamiento.
1, 3 y 4	2.6. Plantear las ecuaciones de movimiento de un sistema vibratorio de un grado de libertad con fuerza excitatriz armónica a partir de la Segunda Ley de Newton.

<sup>8</sup> Los códigos dados corresponden a las siguientes asignaturas:

MB 536: Métodos Numéricos (para las cuatro especialidades).

MC 325: Resistencia de Materiales II (solo para Ingeniería Mecánica).

MC 361: Resistencia de Materiales (para Ingeniería Mecánica – Eléctrica, Naval y Mecatrónica).

MV 477: Estructuras Navales II (solo para Ingeniería Naval).

1, 2, 3, 4 y 5	2.7. Resolver problemas representativos de vibraciones de un grado de libertad por acción de una fuerza excitatriz armónica.
1, 2, 3, 4, 5 y 9	2.8. Plantear las ecuaciones de movimiento de un sistema vibratorio libre de un grado de libertad con fuerzas generalizadas a partir de la Segunda Ley de Newton, aplicando la transformada de Laplace y las series de Fourier.
1, 2, 4, 9 y 10	2.9. Resolver problemas representativos de vibraciones de un grado de libertad por acción de una fuerza excitatriz de cualquier naturaleza.
1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 y 11	2.10. Plantear las ecuaciones de movimiento de un sistema vibratorio libre sin amortiguamiento de múltiples grados de libertad a partir de la Segunda Ley de Newton y del método de Lagrange.
1, 2, 4, 5, 9 y 10	2.11. Resolver problemas representativos de vibraciones de sistemas libres de múltiples grados de libertad.
6, 7, 8, 9, 10 y 11	2.12. Reconocer la importancia del mantenimiento predictivo en la solución de problemas de campo en vibraciones mecánicas.
3. Problema del contexto.	<p>Se plantearán diversos sistemas vibratorios, los cuales serán resueltos en tres etapas:</p> <p><b>PRIMERA ETAPA:</b> Mediante la solución de ecuaciones diferenciales ordinarias.</p> <p><b>SEGUNDA ETAPA:</b> Mediante la solución simulada de las ecuaciones diferenciales ordinarias haciendo uso de los laboratorios de cómputo.</p> <p><b>TERCERA ETAPA:</b> Mediante la realización de prácticas de laboratorio.</p>
4. Actividades del proyecto	<p>La asignatura tendrá las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuatro experiencias (prácticas) de laboratorio (PEL).</li> <li>• Dos prácticas calificadas de aula (PCA).</li> <li>• Dos prácticas calificadas de laboratorio en PC (PCL).</li> <li>• Un proyecto final de asignatura.</li> </ul>
5. Proceso de evaluación	<p>La asignatura se evaluará con el sistema D, estructurado de la siguiente manera:</p> $PC = \frac{2PEL + PCA + PCL + 2Proyecto}{6}$ <p>Siendo: PEL = Promedio de las prácticas de las experiencias de laboratorio. PCA = Promedio de las prácticas calificadas desarrolladas en aula.</p>

	PCL = Promedio de las prácticas calificadas desarrolladas en el laboratorio de Informática.
6. Recursos y talento humano	<p>6.1. De acuerdo a los estándares de la ABET, las evaluaciones de la asignatura requieren que el alumno tenga las siguientes competencias duras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de herramientas matemáticas de complejidad importante.</li> <li>• Destreza en el uso aplicativo de las fórmulas de la asignatura.</li> <li>• Manejo de las TIC.</li> <li>• Capacidad investigativa.</li> <li>• Liderazgo para el trabajo en equipo.</li> </ul> <p>6.2. Bibliografía esencial de la asignatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rao, S. (2011). <b>Vibraciones Mecánicas</b>. 5th edition. New Jersey, USA.</li> <li>• Balachandran, B. (2006). <b>Vibraciones</b>. 1ra edición. México, D.F.</li> <li>• Inman, D. (2014). <b>Engineering Vibration</b>. 4ta edición (Libro en versión pdf). USA.</li> </ul>
7. Normas de trabajo	<p>7.1. Para desarrollar las experiencias de laboratorio cada alumno deberá necesariamente disponer de un mandil de trabajo, así como un casco de seguridad, que será proporcionado en el laboratorio. No podrá realizar la experiencia si no dispone del mandil.</p> <p>7.2. Para desarrollar las prácticas de aula, el alumno podrá traer una calculadora programable portátil, así como también una tabla del formulario del curso y otras tablas matemáticas indispensables.</p> <p>7.3. Para desarrollar las prácticas de laboratorio en una PC, el alumno podrá traer una tabla del formulario del curso y el manual del software de trabajo para poder plantear los programas de los problemas a plantear.</p> <p>7.4. Para el proyecto final, el grupo de trabajo deberá comunicar las fechas que hará uso el laboratorio para realizar las respectivas pruebas, de ser el caso.</p>

Fuente: Elaboración propia, basada en el acápite 2.2 de la investigación.

\*\*\*\*\*

## BIBLIOGRAFÍA

- Aladon LLC, The Risk & Reliability Global Network (2017). RCM. Recuperado de [https://www.thealadonnetwork.com/wp-content/uploads/2017/03/ALADON\\_ADVANTAGE\\_4pageLETTER\\_032017.pdf](https://www.thealadonnetwork.com/wp-content/uploads/2017/03/ALADON_ADVANTAGE_4pageLETTER_032017.pdf)
- Álvarez, S. et al (2008). *Hacia un enfoque de la educación en competencias*. Consejería de Educación y Ciencia. Gobierno del Principado de Asturias, España.
- Arriaga, N. (2015). *Las competencias profesionales: Un reto para la educación*. Universidad SABES, Irapuato, México. Recuperado de <http://www.noticiascoepesqto.mx/articulos/506-las-competencias-profesionales-un-reto-en-la-educacion>
- Azzurro, A. y otros (2014). *Articulación entre Docencia e Investigación en la Enseñanza en un Entorno Industrial*. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de <https://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/info/secretarias/scyt/proyectos/archivos/2014-Doc-Univ-Azzurro-Articulacion-Docencia-e-Investigacion.pdf>
- Babbie, E. (2011). *The basics of social research*. Quinta edición. Wadsworth Cengage Learning, USA. Recuperado de [http://www.mouyi.me/mouyi/wp-content/uploads/2017/02/The-Basics-of-Social-Research\\_5th-Ed\\_Earl-Babbie.pdf](http://www.mouyi.me/mouyi/wp-content/uploads/2017/02/The-Basics-of-Social-Research_5th-Ed_Earl-Babbie.pdf)
- Barriga, C. (2004). *En torno al concepto de competencia*. Revista Educación, Año I, N° I. Sistema de Bibliotecas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/educacion/n1\\_2004/a05.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/educacion/n1_2004/a05.pdf)
- Beneitone, P. et al (2007). *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe final – Proyecto Tuning – América Latina, 2004-2007*. Universidad de Deusto, Bilbao, España. Recuperado de [www.tuning.unideusto.org/tuningal/index.php?option=com\\_docman&task=down](http://www.tuning.unideusto.org/tuningal/index.php?option=com_docman&task=down)
- Boyko, A. et al (2010). *Investigating the Sayano – Shushenskaya Hydro Power Plant Disaster*. Revista digital Power. USA. Recuperado de <http://www.powermag.com/investigating-the-sayano-shushenskaya-hydro-power-plant-disaster>
- Cabero, J. & Infante, A. (2014). *Empleo del Método Delphi y su empleo en la investigación en Comunicación y Educación*. EDUTEC. Revista electrónica de tecnología educativa, N° 48. Recuperado de [http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec48/n48\\_Cabero\\_Infante.html](http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec48/n48_Cabero_Infante.html)
- Campoy, T., Gomes, E. (2009). *Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos*. Manual básico para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación. Capítulo 10. Recuperado de [https://mestrado.prgg.ufg.br/up/97/o/T%C3%A9cnicas\\_e\\_instrum.\\_cualitat.Libro.pdf](https://mestrado.prgg.ufg.br/up/97/o/T%C3%A9cnicas_e_instrum._cualitat.Libro.pdf)



- Chagoyán, P. (2011). *Rastreando el origen pedagógico del modelo educativo por competencias*. Escuela Normal Superior Oficial de Guanajuato, México. Recuperado de <http://www.revistacoepesgto.mx/revistacoepes7/index.php/rastreando-el-origen-pedagogico-del-modelo-educativo-por-competencias>
- Coll, C. (2007). *Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio*. Revista Aula de Innovación Educativa, N° 161, p. 34-39. Recuperado de URL: <http://www.ub.edu/grintie>
- Corominas, E., et al (2006). *Percepciones del profesorado ante la incorporación de las competencias genéricas en la formación universitaria*. Revista de Educación, setiembre-diciembre 2016. Universitat de Girona. Recuperado de [http://www.revistaeducacion.educacion.es/re341/re341\\_14.pdf](http://www.revistaeducacion.educacion.es/re341/re341_14.pdf)
- Creswell, J. (2012). *Educational Research – Planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research*. Pearson Education Inc. Massachusetts, USA.
- Díaz-Barriga, F. (2015). *Estrategias para el desarrollo de competencias en educación superior*. I Encuentro Internacional Universitario – El currículo por competencias en la Educación Superior, organizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú. Publicado en febrero del 2015.
- Díaz, C., Sime, L. (2009). *Una mirada a las técnicas e instrumentos de investigación*. Separata de la Maestría en Educación de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Recuperado de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/184/2009/02/bolet3.pdf>
- Echeverría, R. (2015). *Escritos sobre aprendizaje*. Ediciones Gránica S.A., Buenos Aires, Argentina.
- Felder, R., Brent, R. (2004). *The ABC's of Engineering Education: ABET, Bloom's Taxonomy, Cooperative Learning and so on*. Universidad de Carolina del Norte. USA. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/8356/b75eb652a23058fa7b3600d051b270da15df.pdf>
- Figel, J. (2007). *Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo*. Oficina de publicaciones de las comunidades europeas. Recuperado de <https://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competenciasclave.pdf?documentId=0901e72b80685fb1>
- García, J. (2011). *Modelo educativo basado en competencias: Importancia y necesidad*. Revista del Instituto de Investigación en Educación de la Universidad de Costa Rica. Volumen 11, número 3, setiembre – diciembre 2011. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/447/44722178014.pdf>
- García, L. et al (2009). *Claves para la educación. Actores, agentes y escenarios de la sociedad actual*. Narcea S.A. de Ediciones. Madrid, España.

- Gimeno, J. (2011). *Educar y convivir en la cultura global*. Ediciones Morata, S.L. Madrid, España. Recuperado de <http://download.e-bookshelf.de/download/0003/5619/59/L-G-0003561959-0006870366.pdf>
- Gómez, J. et al (2008). *Enseñanza Teórico – Práctica de Vibraciones Mecánicas Aplicadas*. (p. 63-73). Caracas, Venezuela. Universidad Simón Bolívar. Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education. Recuperado de <https://academic.uprm.edu/laccei/index.php/journal/article/viewFile/155/171>
- González, V. y González, R. (2008). *Competencias genéricas y formación profesional – un análisis desde la docencia universitaria*. Revista iberoamericana de educación N° 48, p. 185-209. Recuperado de <https://rieoei.org/historico/documentos/rie47a09.pdf>.
- Gros, B. (2016). *Retos y tendencias sobre el futuro de la investigación acerca del aprendizaje con tecnologías digitales*. Universidad de Barcelona. Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/50/gros.pdf>
- Guerrero, D., La Rosa, D. (2013). *Mejora de las Competencias Genéricas para el emprendimiento e innovación en estudiantes de Ingeniería*. Asociación colombiana de facultades de Ingeniería. Cartagena, Colombia. Recuperado de <https://www.acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/281/149>
- Guía de Aprendizaje – Información para el Estudiante de la Asignatura “Elementos Finitos y Vibraciones Mecánicas” de la Universidad Politécnica de Madrid. Periodo 2013 – 2014.* Recuperado de [http://www.etsidi.upm.es/sfs/E.U.I.T.%20Industrial/SUBDIRECCION%20OA/DOCUMENTOS/13-14%20GA%20565000376%20ELEMENTOS%20FINITOS%20Y%20VIBRACIONES%20MEC%20NICAS%20\(Opci%C3%B3n%20A\).pdf](http://www.etsidi.upm.es/sfs/E.U.I.T.%20Industrial/SUBDIRECCION%20OA/DOCUMENTOS/13-14%20GA%20565000376%20ELEMENTOS%20FINITOS%20Y%20VIBRACIONES%20MEC%20NICAS%20(Opci%C3%B3n%20A).pdf)
- Hammersley, M., Atkinson, P. (1999). ¿Qué es la etnografía?. Traducción del Capítulo I del libro *Etnografía: Métodos de Investigación* (p. 1-19). Recuperado de <https://asodea.files.wordpress.com/2009/09/etnografia-metodos-de-investigacion-martyn-hamme-paul-at.pdf>
- Hernández, R. et al (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición. McGraw Hill Interamericana de Editores S.A. de C.V. México.
- Hernández, S. (2016). *Los proyectos desde la socioformación*. Centro Universitario CIFE. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/309192878>
- IDEARA, SL (2014). *Vibraciones Mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control*. Pontevedra, Vigo. España. Recuperado de [https://idearainvestigacion.es/wp-content/uploads/2014/10/GUIA\\_vibraciones-mecanicas\\_final\\_baixa-calidade.pdf](https://idearainvestigacion.es/wp-content/uploads/2014/10/GUIA_vibraciones-mecanicas_final_baixa-calidade.pdf)
- Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, España (2013). *Vibraciones: Vigilancia de la salud en los trabajadores expuestos*. Recuperado de



<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/961a972/ntp-963w.pdf>

Irigoin, M. (2005). *Desafíos de la formación por competencias en la educación superior*. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Recuperado de [http://www.aspefam.org.pe/intranet/CEDOSA/desafios\\_formacion\\_competencias.pdf](http://www.aspefam.org.pe/intranet/CEDOSA/desafios_formacion_competencias.pdf)

Karnovsky, I., Lebed, E. (2016). *Theory of Vibration Protection*. Springer International Publishing AG, Switzerland. Libro recuperado de <https://pokemongobr.club/download/theory%20of%20vibration#>

Lago, D., Ospina, R. (2015). *Diseño curricular basado en competencias: El caso del Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad de Cartagena*. I Encuentro Internacional Universitario – El currículo por competencias en la Educación Superior, organizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú. Publicado en febrero del 2015.

Levitt, J. (2011). *Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance*. Industrial Press Inc. New York. United States of América. Libro recuperado de <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=kNgI9gojdeEC&oi=fnd&pg=PR11&dq=predictive+and+preventive+maintenance+levitt&ots=rq0uGHOW1J&sig=MV27YXy6aSpsiNK6msacUHIZXQI#v=onepage&q=predictive%20and%20preventive%20maintenance%20levitt&f=false>

*Manual de la Asignatura “Vibraciones Mecánicas”. Subsistema de Universidades Politécnicas: Universidad Politécnica de Aguascalientes; Universidad Politécnica de Zacatecas; Universidad Politécnica de Chiapas* (2006). México. Secretaría de Educación Pública. Recuperado de <http://www.upbc.edu.mx/im/Manuales%20de%20Asignatura/plan%202006/novenos%20cuatrimestre/Vibraciones%20Mec%C3%A1nicas.pdf>

Marcelo, C. (2005). *Estudio sobre competencias profesionales para e-learning*. Universidad de Sevilla. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/233966624\\_Estudio\\_sobre\\_competencias\\_profesionales\\_para\\_e-Learning](https://www.researchgate.net/publication/233966624_Estudio_sobre_competencias_profesionales_para_e-Learning)

Martínez, J. (2011). *Métodos de investigación cualitativa*. Revista Silogismo, N° 8. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.cide.edu.co/doc/investigacion/3.%20metodos%20de%20investigacion.pdf>

Meriam, J. (2015). *Engineering Mechanics, Dynamics*. Eighth edition. John Wiley & Sons. USA.

Monereo, C., Pozo, J. (2007). *Competencias para (con)vivir en el siglo XXI*. Cuadernos de Pedagogía. N° 370. Wolters Kluwer España S.A. Recuperado de <http://rubenama.com/articulos/12975732-Monereo-Pozo-Competencias-para-convivir-con-el-siglo-XXI.pdf>

- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa – guía didáctica*. Universidad Surcolombiana. Recuperado de <https://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Gu%C3%ADa+did%C3%A1ctica+Metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n.pdf>
- Mosquera, G. et al (2001). *Las vibraciones mecánicas y su aplicación al mantenimiento predictivo*. Centro de Altos Estudios Gerenciales (ISID). Caracas, Venezuela. Recuperado de [https://www.academia.edu/1801593/Las\\_vibraciones\\_mec%C3%A1nicas\\_y\\_su\\_aplicaci%C3%B3n\\_al\\_mantenimiento\\_predictivo](https://www.academia.edu/1801593/Las_vibraciones_mec%C3%A1nicas_y_su_aplicaci%C3%B3n_al_mantenimiento_predictivo)
- Navío, A. (2005). *Propuestas conceptuales en torno a la competencia profesional*. Universidad Politécnica de Barcelona. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/28157984\\_Propuestas\\_conceptuales\\_en\\_torno\\_a\\_la\\_competencia\\_profesional](https://www.researchgate.net/publication/28157984_Propuestas_conceptuales_en_torno_a_la_competencia_profesional)
- Núñez, L., Romero, C. (2012). *Profesionalizar la enseñanza universitaria: Oportunidades y desafíos del enfoque por competencias*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/65809/Profesionalizar%20la%20ense%C3%B1anza%20universitaria-oportunidades%20y%20desafios%20del%20enfoque%20por%20competencias.pdf?sequence=1>
- Ojeda, J. et al (2007). *La Ética en la investigación*. TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales; volumen 9 (2), p. 345-357. Universidad Rafael Belloso Chacín, Venezuela. Recuperado de <http://www.248.redalyc.org/articulo.oa?id=99318750010>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). 2006. *La definición y selección de competencias clave – Resumen ejecutivo*. Recuperado de <http://deseco.ch/bfs/deseco/en/index/03/02.parsys.78532.downloadList.94248.DownloadFile.tmp/2005.dsceexecutivesummary.sp.pdf>
- Ortiz, E. (2013). *Epistemología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Paradigmas y objetivos*. Revista de Claseshistoria, artículo N° 408. Recuperado de <http://www.claseshistoria.com/revista/2013/articulos/ortiz-epistemologia-investigacion.html>
- Pagliarulo, E. (2010). *La educación por competencias. Un desafío para la inserción social equitativa*. Ponencia expuesta en el Congreso Iberoamericano de Educación – Metas 2021. Argentina, 2010. Recuperado de <http://www.chubut.edu.ar/descargas/secundaria/congreso/ADULTOS/RLE3185PAGLIARULO.pdf>
- Palma, M. y otros (2011). *Competencias Genéricas en Ingeniería: un estudio comparado en el contexto internacional*. XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Huesca, España. Recuperado de <http://oa.upm.es/12804/>

- Parra, R. y otros (2008). *“Diseño Curricular Basado en Competencias para la Enseñanza/Aprendizaje de la Asignatura Vibraciones Mecánicas y Construcción de un Objeto de Aprendizaje Basado en la Temática. Conceptos Fundamentales y Cinemática de las Vibraciones”*. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. Tesis recuperada de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6013/2/140252.pdf>
- Pérez, G. (1994). *Paradigmas cuantitativo, cualitativo y metodología de la investigación*. Recuperado de <http://eduteka.icesi.edu.co/gp/upload/ed30c96e1724da08bf8c3133bf73c2b3.pdf>
- Pérez, G., Nieto, S. (2009). *La investigación – acción en la educación formal y no formal*. Enseñanza & Teaching – Revista Universitaria de Didáctica. Recuperado de <http://revistas.usal.es/index.php/0212-5374/article/view/4177>
- Reliabilityweb – A culture of reliability (versión en español). *¿Por qué Mantenimiento Predictivo antes que Preventivo?*. Recuperado de <http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/por-que-mantenimiento-predictivo-antes-que-preventivo>
- Pimienta, J. (2007). *Metodología Constructivista. Guía para la planeación docente*. Segunda Edición. Pearson Educación de México S.A. de C.V. Recuperado de <https://edidactic.weebly.com/uploads/2/7/8/3/27839681/pimientajulio-metodologiaconstructivistaguia paralaplaneacion docente2ed-131204110717-phpapp01.pdf>
- Rao, S. (2012). *Vibraciones Mecánicas*. Quinta Edición. Pearson Educación de México S.A. de C.V. México.
- Reguant-Álvarez, M. & Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2016, vol. 9, num. 2. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Mercedes\\_Reguant\\_Alvarez/publication/304674496\\_El\\_metodo\\_Delphi-/links/57769f6908aead7ba071cf32.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mercedes_Reguant_Alvarez/publication/304674496_El_metodo_Delphi-/links/57769f6908aead7ba071cf32.pdf)
- Rodríguez, D. y Valldeoriola, J. (2009). *Metodología de la investigación*. Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de [http://www.zanadoria.com/syllabi/m1019/mat\\_cast-nodef/PID\\_00148556-0.pdf](http://www.zanadoria.com/syllabi/m1019/mat_cast-nodef/PID_00148556-0.pdf)
- Rodríguez, G. et al (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe, Málaga, España. Recuperado de <http://148.202.18.157/sitios/catedrasnacionales/material/2010b/ortiz/infmic.pdf>
- Rodríguez, M. (2006). *De la evaluación a la formación de competencias genéricas. Aproximación a un modelo*. Revista Brasileira de Orientação Profissional. Vol. 7, p. 33-48. Recuperado de <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbop/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Rovira, A. et al (2014). *Creación de pruebas de evaluación para valorar el progreso y acreditación de competencias en la asignatura Vibraciones Mecánicas*. Artículo de investigación expuesto en la Conferencia internacional en



Innovación, Documentación y Tecnologías de la Enseñanza. Valencia, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/82183>

Rovira, A. et al (2016). *Integración de la competencia transversal de “conocimiento de problemas contemporáneos” en la asignatura Vibraciones Mecánicas*. Universitat Politècnica de Valencia. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/305026750\\_Integracion\\_de\\_la\\_competencia\\_transversal\\_de\\_conocimiento\\_de\\_problemas\\_contemporaneos\\_en\\_la\\_asignatura\\_Vibraciones\\_Mecanicas](https://www.researchgate.net/publication/305026750_Integracion_de_la_competencia_transversal_de_conocimiento_de_problemas_contemporaneos_en_la_asignatura_Vibraciones_Mecanicas)

Salamanca, E. (2011). *¿Por qué estudiar las vibraciones mecánicas?*. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Recuperado de [repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113858/cf-gonzalez\\_jt.pdf](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113858/cf-gonzalez_jt.pdf)

Sánchez, J. (2013). *Paradigmas de investigación educativa: De las leyes subyacentes a la modernidad reflexiva*. Revista interdisciplinaria Entelequia. N° 16, 2013, p. 91-102. Universidad de Castilla – La Mancha, España. Recuperado de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34677783/e16a06.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1518980586&Signature=8vs0vUEZsSrpY29Spgh%2FLSbSsxY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DParadigmas\\_de\\_investigacion\\_educativa.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34677783/e16a06.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1518980586&Signature=8vs0vUEZsSrpY29Spgh%2FLSbSsxY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DParadigmas_de_investigacion_educativa.pdf)

Tobón, S. (2015). *Formación Integral y Competencias*. Editorial Macro. Lima, Perú. p. 209-246.

Tobón, S. (2010). *Los proyectos formativos y el desarrollo por competencias*. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE). México, D.F. Recuperado de [http://www.academia.edu/download/32479367/5\\_proyectos\\_formativos.pdf](http://www.academia.edu/download/32479367/5_proyectos_formativos.pdf).

Torres, J. (1996). *Propuesta Metodológica para la Enseñanza del Tema de Introducción a las Vibraciones Mecánicas (con un grado de libertad) usando sensores*. México, D.F. Universidad Autónoma de México. Recuperado de [http://dcb.fi-c.unam.mx/Eventos/Foro3/Memorias/Ponencia\\_96.pdf](http://dcb.fi-c.unam.mx/Eventos/Foro3/Memorias/Ponencia_96.pdf)

Torres, P. (2010). *Investigación cualitativa*. Revista “El evaluador educativo”. Número 7, año I, marzo 2010. Cuba. Recuperado de <http://www.cubaeduca.cu/media/www.cubaeduca.cu/medias/evaluador/marzo2010.pdf>

United Nations. Economic Commission for Europe (2013). *Learning for the Future. Competences for a Sustainable Development*. Recuperado de [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/ESD\\_Publications/Competences\\_Publication.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/ESD_Publications/Competences_Publication.pdf)

Vasilachis, I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Gedisa Ediciones, Barcelona. España.

Vega, M. (2017). *Ética y Deontología. La universidad, la ética profesional y el desarrollo*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Villa, A. y Poblete, M. (2007). *Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas*. Universidad de Deusto. Recuperado de <http://innovacioneducativa.upm.es/node/1203>
- Villa, A. y Villa, O. (2007). *El aprendizaje basado en competencias y el desarrollo de la dimensión social en las universidades*. Revista EDUCAR, vol. 40, páginas 15-48. Universitat Autònoma de Barcelona, España. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342130829002>
- Villardón-Gallego-Gallego, L. (2006). *Evaluación del aprendizaje para promover el desarrollo de competencias*. Universidad de Deusto. Centro de Bachillerato Tecnológico e Industrial 179, Ing. David Mariano Uribe Pevedilla. Hidalgo, México. Recuperado de [http://www.cbtis179.edu.mx/portal/docentes/descargas/evaluacion\\_competencias.pdf](http://www.cbtis179.edu.mx/portal/docentes/descargas/evaluacion_competencias.pdf)
- Villardón-Gallego-Gallego, L. (2015). *Competencias genéricas en educación superior. Metodologías específicas para su desarrollo*. Narcea S.A. de Ediciones, Madrid, España.
- Villegas, M. y otros (2001). *Procesos de la Autorregulación del Aprendizaje en la Cátedra Universitaria; Una experiencia para compartir*. Bogotá, Colombia. Universidad EAFIT. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/964/868>
- Wikipedia (2017). 2009 Sayano – Shushenskaya power station accident. Recuperado de [https://en.wikipedia.org/wiki/2009\\_Sayano%E2%80%93Shushenskaya\\_power\\_station\\_accident](https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Sayano%E2%80%93Shushenskaya_power_station_accident)
- Yaniz, C. (2006). *Planificar la enseñanza universitaria para el desarrollo de competencias*. Educatio Siglo XXI, 24, 17-34. Recuperado de <http://revistas.um.es/educatio/article/view/151/134>
- Zabalza, M. (2002). *La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas*. Narcea S.A. de Ediciones. Madrid, España.
- Zabalza, M. (2003). *Curriculum universitario innovador. ¿Nuevos planes de estudios en moldes y costumbres viejas?*. III Jornada de Formación de Coordinadores. Narcea S.A. de Ediciones. Madrid, España.
- Zabalza, M. (2006). *Competencias docentes del profesorado universitario*. Narcea S.A. de Ediciones. Madrid, España.
- Zavala, A., Arnau, L. (2007). *La enseñanza de las competencias*. Barcelona, España. Recuperado de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34544025/21\\_Zavala\\_Laensenanza.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1512341328&Signature=WUWnipfLfZdsV2JYCD%2BnCmozk8I%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D21\\_Zavala\\_Laensenanza.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34544025/21_Zavala_Laensenanza.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1512341328&Signature=WUWnipfLfZdsV2JYCD%2BnCmozk8I%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D21_Zavala_Laensenanza.pdf)



## ANEXOS





## Turbine 2

Turbines of the type used in this power plant have a very narrow working band at high efficiency regimes. If this band is exceeded the turbines begin to vibrate, caused by the pulsation of water flow and water strokes. These vibrations and shocks on the turbines will degrade them over time.

Turbine 2 had experienced problems for a long time prior to the 2009 accident.<sup>[2]</sup> The first of these appeared after its installation in 1979. Throughout 1980-1983, numerous problems with seals, turbine shaft vibrations and bearings surfaced. From the end of March to the end of November 2000, a complete reconditioning of turbine 2 was performed. Cavities up to 12 millimetres (0.47 in) deep and cracks up to 130 millimetres (5.1 in) long were found on the turbine runner and repaired. Many other defects were found in the turbine bearings and subsequently repaired. In 2005, further repairs were made to turbine 2. The problems found were similar in several aspects to the defects observed during the previous repair<sup>[2]</sup>

From January to March 2009, turbine 2 was undergoing scheduled repairs and modernization. It was the first and only turbine in the station which was equipped with a new electro-hydraulic regulator of its rotational speed supplied by the Promavtomatika company<sup>[3]</sup> During the course of the repair, the turbine blades were welded, because after a long period of operation, cracks and cavities had once again appeared. The turbine runner was not properly rebalanced after these repairs,<sup>[4]</sup> following which turbine 2 had increased vibrations, ca 0.15 millimetres (0.0059 in) for the main bearing during the full load of the turbine. While this did not exceed specifications, the increased vibrations were unacceptable for long term use. The elevated vibration levels compared to other turbines were apparent for turbine 2 before the repair as well. The vibrations exceeded the allowed specification in the beginning of July<sup>[2]</sup> and continued to increase with accelerated speed<sup>[2]</sup>

On the night of 16–17 August, the level of vibration increased substantially,<sup>[4]</sup> and there were several attempts to stop the turbine. During 16 August up to 20:30, the load of turbine 2 was 600 MW, then it was reduced to 100–200 MW. On 17 August 2009 at 3:00, the load was increased again to 600 MW; at 3:30, the load was decreased to 200 MW; and at 3:45, it was increased again to 600 MW.<sup>[4]</sup> During this time, the level of vibration was very high, and was also registered by seismic instruments in the plant. During attempts to shut it down, the rotor inside the turbine was pushed up, which in turn created pressure pushing up on the turbine cover which was kept in place by 80 bolts each 8 cm in diameter

During the morning of 17 August 2009, 50 people were gathered around turbine 2. As the plant general director, Nikolai Nevolko, was celebrating his anniversary, early in the morning he went to Abakan to greet the arriving guests, and none of the workers present wanted, or had the authority, to make decisions about further actions regarding the turbine. It seems they were used to the high levels of vibration.<sup>[4]</sup>

Turbine 2 was started on 16 August 2009 at 23:14 local time. At 23:44 it was running at a full load of 600 MW. During the night, its load varied between 10 and 610 MW. At the moment of the accident, which was 8:13 local time (00:13 GMT), its load was 475 MW and water consumption was 256 m<sup>3</sup>/s (9,000 cu ft/s). Vibration of the bearing was 0.84 millimetres (0.033 in), which far exceeded the values of the other turbines by more than fourfold. The working life defined by the manufacturer for the turbines was specified as 30 years. At the moment of the accident, the age of the turbine was 29 years and 10 months.

On 17 August 2009, the turbines were at a working level of 212 metres (696 ft). At this pressure the recommended power band for the turbines is 570–640 MW (band III) and the allowed band is 0–265 MW also (band I). Band 265–570 MW (band II) at this pressure is not recommended and output over 640 MW (band IV) is forbidden.<sup>[2]</sup> On the day of the accident, turbine 2 worked as the

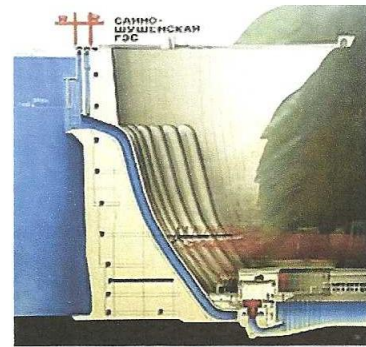


Diagram showing a cross-section of the dam



Model of a turbine within the power station



plant's power output regulator and due to this, its output power changed constantly. The turbine often operated in the band II regime, which is accompanied by pulsation and strokes in the water flow

## Accident

The accident occurred on 17 August 2009 at 08:13 local time (00:13 GMT).<sup>[5]</sup> There was a loud bang from turbine 2. The turbine cover shot up and the 920-tonne (910-long-ton; 1,010-short-ton) rotor then shot out of its seat.<sup>[4]</sup> After this, water spouted from the cavity of the turbine into the machinery hall.<sup>[6]</sup> As a result, the machinery hall and rooms below its level were flooded.<sup>[6]</sup> At the same time, an alarm was received at the power station's main control panel, and the power output fell to zero, resulting in a local blackout. The steel gates to the water intake pipes of the turbines, weighing 150 tonnes (150 long tons; 170 short tons) each, were closed manually by opening the valves with hydraulic jacks keeping them up<sup>[2][4]</sup> between 8:35<sup>[2]</sup> and 9:20 hours<sup>[7]</sup> (9.30 by official report<sup>[2]</sup>). The operation took 25 minutes, which is near the minimum time (highest speed) allowed for this operation.<sup>[8]</sup> The emergency diesel generator was started at 11:32.<sup>[6]</sup> At 11:50, the opening of 11 spillway gates of the dam was started and was finished at 13:07.<sup>[7]</sup> 75 people were later found dead.<sup>[9]</sup>

Nine out of the ten turbines were operating at the time, with a total output 4,400 MW.<sup>[6]</sup> Turbine 6 was undergoing scheduled maintenance, but was ready for a restart.<sup>[10]</sup>

Oleg Myakishev, a survivor of the accident, described it as follows:

...I was standing upstairs when I heard some sort of growing noise, then I saw the corrugated turbine cover rise and stand on end. Then I saw the rotor rising from underneath it. It was spinning. I could not believe my eyes. It rose about three meters. Rocks and pieces of metal went flying, we started to dodge them... At that point the corrugated cover was nearly at roof level, and the roof itself had been destroyed... I made a mental calculation: the water is rising, 380 cubic meters per second, so I took to my heels and ran for the turbine 10. I thought that I wouldn't make it, I climbed higher, stopped, looked down, and saw everything getting destroyed, water coming in, people trying to swim... I thought: someone must urgently shut the gates to stop the water, manually... Manually, because there was no power, none of the protection systems had worked..<sup>[11]</sup>

### Russian original

...Я стоял наверху, услышал какой-то нарастающий шум, потом увидел, как поднимается, дыбится рифлёное покрытие гидроагрегата. Потом видел, как из-под него поднимается ротор. Он вращался. Глаза в это не верили. Он поднялся метра на три. Полетели камни, куски арматуры, мы от них начали уворачиваться... Рифлёнка была где-то под крышей уже, да и саму крышу разнесло... Я прикинул: поднимается вода, 380 кубов в секунду, и — дёру, в сторону десятого агрегата. Я думал, не успею, поднялся выше, остановился, посмотрел вниз — смотрю, как рушится всё, вода прибывает, люди пытаются плыть... Подумал, что затворы надо закрывать срочно, вручную, чтобы остановить воду... Вручную, потому что напряжения нет, никакие защиты не сработали...

On 9 September 2009 at 17:40 local time (09:40 GMT), a fire started in the turbine hall during repair works. Around 200 people were evacuated. There were no fatalities or injuries. According to RusHydro the fire was extinguished "within a few minutes".<sup>[12]</sup>

## Cause

On 4 October 2009 the official report about Sayano–Shushenskaya hydro accident was published by the Federal Environmental, Technological and Atomic Supervisory Service (Rostekhnadzor) on its website.<sup>[2]</sup> However, later the report and the press release on the report were removed from the website.

Names of people killed and those who bear responsibility for the accident, and other data including a historical and technical review about the plant and plans for its future, are given in the report. The report states that the accident was primarily caused by the turbine vibrations which led to the fatigue damage of the mountings of the turbine 2, including the cover of the turbine. It was also found that

at the moment of accident at least six nuts were missing from the bolts securing the turbine cover. After the accident 49 recovered bolts were investigated, of which 41 had fatigue cracks. On 8 bolts, the fatigue damaged area exceeded 90% of the total cross-sectional area.<sup>[2]</sup>

According to this report, on 17 August 2009 at 1:20AM (local time) there was a fire at the hydroelectric power station of Bratsk which broke both communications and the automatic driving systems of other power plants in the region, including Sayano–Shushenskaya. The situation was recovered on 17 August 2009 at 15:03. At 8:12AM local time, turbine 2's output power was reduced by the turbine regulator and it entered into the non-recommended power band II. Shortly after this, the bolts keeping the turbine cover in place broke, and under water pressure of about 20 bars (2,000 kPa), the spinning turbine with its cover, rotor, and upper parts started to move up, destroying machinery hall installations. At the same time, pressurized water flooded the rooms and damaged plant constructions.<sup>[2]</sup>

According to Rostekhnadzor, the automatic shutdown system of the water intake pipes' gates failed after failure of the turbine 2.<sup>[13][14]</sup> This accusation was dismissed by Rakurs, the company which designed the automated safety system for the plant.<sup>[15]</sup>

## Media speculation

According to the newspaper *Izvestia*, the increased vibration of turbine 2 was going on for some 10 years and was well-known to the plant personnel.<sup>[4]</sup> According to the former director of Irkutskenergo, Viktor Bobrovski, the accident could have been caused by an incorrect start-up process of the turbine which resulted in a hydraulic pressure surge, or excess load of the turbine caused by peak consumption of electricity. According to Bobrovski, it is common practice in the region to compensate for a peak load by overloading hydroelectric power plants, and the energy system of the region is near collapse, as the main goal of its owners is to take out as much profit as possible, typically by cutting down on maintenance, investment, safety, and educational costs. Since the load for other turbines ceased after the collapse of the turbine 2, they probably started to spin without load at increasing speed until they failed.<sup>[13]</sup> He said that the former director of Sayano–Shushenskaya hydroelectric power station, Valentin Bryzgalov, had alerted that it is dangerous to operate the plant at its maximum loads when the turbines are starting to vibrate in the axial direction. He said that the accident probably would not have had such catastrophic results if the safety systems had worked and the safety rules had been followed.<sup>[13]</sup>

The former general director of the plant, Alexander Toloshinov, has said that the accident was most likely due to a "manufacturing defect" in a turbine.<sup>[16]</sup> According to Toloshinov, the construction of the turbine blades of this type of turbine is not very reliable and cracks are known to develop in them under some working conditions.<sup>[17]</sup>

On 11 September 2009, RusHydro disputed allegations that the dam overwhelmed the machinery hall leading to the destruction of turbine 2. According to RusHydro, displacements of the dam are seasonal and have been reduced in recent years. The maximum displacement (141.5 millimetres or 5.57 inches) was recorded in 2006, which was below the allowed maximum of 145.5 mm (5.73 in). According to RusHydro, the scope of displacement between the anchor legs and the machinery hall does not exceed 2.3 mm (0.091 in), which is less than the width between them (50 mm or 2.0 in), and therefore the dam cannot overwhelm the machinery hall.<sup>[18]</sup>

On 21 August 2009, a website supporting rebel groups in Chechnya claimed that they were responsible for the blast, part of a new "economic war" which they were declaring on Russia. These claims were dismissed by authorities as "idiotic".<sup>[19][20]</sup>

## Rescue operation

After the accident, the spillway was regulated to decrease the water level of the reservoir by 3 to 5 centimetres (1.2 to 2.0 in) per day.<sup>[21]</sup> Flood water was pumped out from the engine room by 24 August 2009.<sup>[22]</sup> On 28 August, the search and rescue operation was completed, and the state of emergency imposed in Khakassia on 17 August 2009, was lifted.<sup>[10]</sup>

## Consequences



As a result of the accident, 75 people were killed. On 19 August 2009, a mourning day was announced in Khakassia.<sup>[23]</sup> RusHydro declared 25 August a day of mourning at the company.<sup>[24]</sup> A festival in the city of Abakan on 22 August was canceled.

Due to the accident, the town of Cheryomushki has banned the sale of strong alcoholic beverages.<sup>[25]</sup>

## Damage

In addition to turbine 2, turbines 7 and 9 also suffered severe damage and were destroyed, while the turbine room roof and ceilings fell on and caused additional damage to turbines 1 and 3, with slight damage to turbines 4, 5, 8, and 10.<sup>[26]</sup> Turbine 6, which was in scheduled repair at the time of the accident, received only minor damage and was the only one of the station's 10 turbines that did not receive electrical damage due to shorting of the associated transformers.<sup>[27]</sup> Water immediately flooded the engine and turbine rooms and caused a transformer explosion.<sup>[28]</sup> Transformers 1 and 2 were destroyed, while transformers 3, 4, and 5 were left in satisfactory condition. Other damage was also severe as the machinery hall was destroyed, including the roof, ceilings, and floor



Damage to the outside of the station

On 9 September 2009, RusHydro announced the damage caused by the incident:

- Turbine 6: Flooded
- Turbine 5: Flooding and electrical damage
- Turbines 3 and 4: Moderate electrical and mechanical damage. Some damage to the concrete structures around them.
- Turbines 1, 8, and 10: Severe electrical and mechanical damage. Some damage to the concrete structures around them.
- Turbines 7 and 9: Completely destroyed, with extreme damage to the concrete structures around them.
- Turbine 2: Destroyed completely including the concrete structures around it.<sup>[7]</sup>

## Power supply

Power generation from the station ceased completely following the incident. The resulting blackout in residential areas was alleviated by diverting power from other plants. Aluminium smelters in Sayanogorsk and Khakassia were completely cut off from the grid before power supplies were replaced using alternate power sources.<sup>[5][29]</sup> Power to blacked out areas was fully restored by 19 August 2009.<sup>[30]</sup> Although smelters continue to work at their normal rate, RUSAL warned that in the longer term it may lose up to 500,000 tonnes (490,000 long tons; 550,000 short tons) of aluminum output due to the power shortage, and called for accelerating the construction of the Boguchany hydroelectric power station to replace the lost generating capacity.<sup>[31]</sup>

## Environmental impact

The accident caused an oil spill, releasing at least 40 tonnes (39 long tons; 44 short tons) of transformer oil which spread over 80 km (50 mi) downstream of Yenisei.<sup>[16][32]</sup> The oil, which spilled during the approximately 2-3 hour cutoff of river flow when all the gates of the dam were closed, killed 400 tonnes (390 long tons; 440 short tons) of cultivated trout in two riverside fisheries, with its impact on wildlife as yet unassessed. On 19 August 2009, the 15 km (9.3 mi)-long spill had reached Ust-Abakan, where it was cordoned off with floating barriers and chemicalsorbents.<sup>[33]</sup> The oil spill was fully removed by 25 August 2009.<sup>[34]</sup>

## Financial impact

### Share prices

Trading in RusHydro shares at the Moscow Interbank Currency Exchange was suspended for two days.<sup>[5]</sup> After trading resumed on 19 August 2009, the shares dropped 11.4%.<sup>[35]</sup> On the London Stock Exchange, the share price dropped more than 15%.<sup>[5]</sup> It is expected that RusHydro's business losses will amount to 16.5 billion roubles (US\$523 million) by 2013.<sup>[36]</sup> The power plant was insured for US\$200 million by Russian insurance company ROSNO, part of Allianz group, and re-insured by Munich Re.<sup>[37]</sup>

## Compensation

The Russian government decided to pay compensation of 1 million rubles (US\$31,600) to each victim's family, and 100,000 rubles (about US\$3,100) to each survivor, while RusHydro decided to pay a further 1 million rubles in compensation.<sup>[38]</sup> RusHydro also decided to buy housing for 13 families of killed workers with underage children. There are also programs to support these children in kindergartens and schools and to provide higher education. In addition, a special program is planned for the reconstruction and development of the Cheryomushki settlement, the main settlement where the power plant workers live.<sup>[39]</sup>

## Personnel

The director of the plant, Nikolai Nevolko, was replaced by Valerii Kjari.<sup>[40]</sup> Several people were awarded for their heroic actions during the accident.<sup>[8]</sup> Russian Prime Minister Vladimir Putin, awarded Juri Salnikov and Oleg Melnitchuk each with an Official Letter of Commendation.<sup>[8]</sup>

## Repairs

The replacement of damaged turbines will take up to four years.<sup>[29]</sup> Over 2,000 people were involved in the rescue work and liquidation of the consequences after the disaster.<sup>[41]</sup> According to Russian Energy Minister Sergei Shmatko, the rebuilding of the engine room alone will cost 40 billion rubles (€880 million, US\$1.3 billion).<sup>[31]</sup> Russia's Sberbank has agreed to lend 20 billion rubles (€440 million, US\$630 million) for the repair works.<sup>[42]</sup> RusHydro also is negotiating a loan with the European Bank for Reconstruction and Development.<sup>[43]</sup>

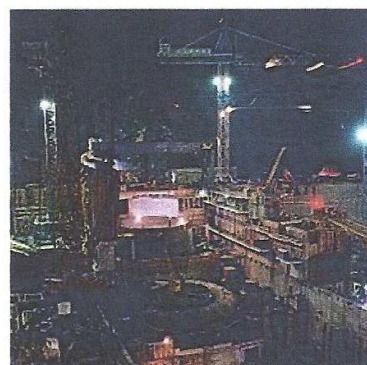
According to RusHydro, turbines 4, 5, and 6 will probably be repaired. Turbines 7 and 9 were too damaged and are being disassembled.<sup>[44]</sup> The machinery hall, heating system, electricity supply, and sewage tunnels were under repair.<sup>[44]</sup> As the spillway works all the time, several methods of preventing the dam from icing are under consideration.<sup>[45]</sup> The machinery hall is under construction and its heating system is also under repairs. Repair work is going on continuously, 24 hours a day.<sup>[46]</sup>

For movement time of the spillway well crane KБГC-1000 the spillway was reduced to 1,105 m<sup>3</sup>/s (39,000 cu ft/s).<sup>[47]</sup>

As of 26 November 2009 there is an ongoing battle with icing. All 1 spillway gates are opened to 0.5 from the first step. 70 heat guns with a total output of 1,500 kW are provisionally installed under part of the recovered machinery hall roof to prevent it from icing. Chemical (MgCl<sub>2</sub> 6 H<sub>2</sub>O) and mechanical methods are used against icing also.<sup>[48]</sup>

By 27 December 2009, there were on-going or prepared dismantling of turbines 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, and 10. Only turbines 5 and 6 were to be repaired *in situ*. The other turbines were to be replaced, repaired in the factory and/or modernized.<sup>[49]</sup>

Turbine 6 was restarted on 24 February 2010.<sup>[50]</sup> President Vladimir Putin personally switched turbine 6 to the load. Turbine 5 was brought under load on 22 March.<sup>[51]</sup>



Construction of the station and montage of turbine 2



Repairs on a turbine, in 2011



On 14 April 2010, the process of dismantling turbine 2 and the infrastructure surrounding it was finished.<sup>[52]</sup> By the year 2014 all turbines in the plant will be replaced with new ones.<sup>[52]</sup>

On 30 June 2010, turbine 4 was started without a load to dry its electrical coils, to test it and to prepare it for switching under load later in 2010.<sup>[53]</sup> It was fully restarted on 4 August 2010.

By July 2010 the replacement of turbine 3 was underway and should be completed in December 2010. The new turbine has better electrical and hydrodynamic characteristics and a 40-year working life.<sup>[54]</sup>

On 6 July 2011, a ship loaded with new parts for the turbines left Saint Petersburg.<sup>[55]</sup>

On 8 July 2011, turbines 3, 4 and 5 were working under full load and turbine 6 was in reserve.<sup>[56]</sup>

On 11 November 2014 the renovations and repairs were fully completed.

## Attack on journalist

It was reported that on 9 September 2009, Novy Fokus Mikhail Afanasyev, the editor of a regional news website, was attacked and beaten near his house in Abakan. Earlier, he was charged for "spreading false information and defaming rescuers in his reports" by the local prosecutor's office. Afanasyev believes that the attack is "probably connected to his articles about the accident".<sup>[57]</sup>

## See also

- [August curse](#)
- [List of hydroelectric power station failures](#)

## References

1. "В филиале ОАО "РусГидро" - "Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожнего" зафиксирована максимальная выработка электроэнергии (*Maximum power output was recorded in the branch of OJSC RusHydro - P. S. Neporozhny Sayano-Shushenskaya HPP*) (<http://www.sshges.rushydro.ru/press/news/7218.html>) (Press release) (in Russian). RusHydro. 2 July 2009. Archived (<https://www.webcitation.org/5jq6e257E?url=http://www.sshges.rushydro.ru/press/news/7218.html>) from the original on 16 September 2009 Retrieved 12 September 2009.
2. "А К Т ТЕХНИЧЕСКОГО РАССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН АВАРИИ, ПРОИСШЕДШЕЙ 17 АВГУСТА 2009 ГОДА в филиале Открытого Акционерного Общества «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожнего»" ([https://www.webcitation.org/5kP19viF7?url=http://www.gosnadzor.ru/news/aktSSG\\_\\_\\_bak.doc](https://www.webcitation.org/5kP19viF7?url=http://www.gosnadzor.ru/news/aktSSG___bak.doc)) Archived from the original ([http://www.gosnadzor.ru/news/aktSSG\\_\\_\\_bak.doc](http://www.gosnadzor.ru/news/aktSSG___bak.doc)) on 9 October 2009 Retrieved 4 October 2009.
3. "Гидроагрегат №2 Саяно-Шушенской ГЭС снова в строю (*Turbine No. 2 of the Sayano-Shushenskaya power plant is again in order*)" (<http://www.sshges.rushydro.ru/press/news/6394.html>) (Press release). RusHydro. 23 March 2009. Archived (<https://www.webcitation.org/5jq6evyEa?url=http://www.sshges.rushydro.ru/press/news/6394.html>) from the original on 16 September 2009 Retrieved 13 September 2009.
4. "Второй гидроагрегат Саяно-Шушенской "трясло" уже 10 лет? (*Turbine No. 2 of the Sayano-Shushenskaya HPP "shake" already 10 years?*)" (<https://www.webcitation.org/5k5evs4um?url=http://www.izvestia.ru/investigation/article3132968/>) (Press release) (in Russian). Izvestia. 14 September 2009. Archived from the original (<http://www.izvestia.ru/investigation/article3132968/>) on 27 September 2009 Retrieved 20 September 2009.
5. Ilya Naymushin (17 August 2009). "Russian dam disaster kills 10, scores missing" (<https://www.reuters.com/article/worldNews/idUSTRE57G0M120090817?sp=true>) Reuters. Retrieved 17 August 2009.
6. "JSC RusHydro develops an action plan for eliminating the consequences of the accident at the Sayano-Shushenskaya HPP" (<http://www.eng.rushydro.ru/press/news/767.html>) (Press release). RusHydro. 24 August 2009. Retrieved 29 August 2009.

**ANEXO II:** Formato de respuesta a cuestionario de participante por el método Delphi

N°	PREGUNTA	RESPUESTA
1	¿Cuán fácil o difícil fue para ti adaptarte al medio de tu status laboral?	Realice prácticas profesionales en la empresa Engie energía Perú dentro de la central hidroeléctrica Yuncán, desempeñando el cargo de practicante de ingeniería en el área de mantenimiento electromecánico de planta. .....
2	¿Cuán involucrado está tu labor con las máquinas?	La involucración es de manera directa ya que con el cargo que contaba, tenía que apoyar directamente en los trabajos de mantenimiento mecánico y eléctrico a los diferentes equipos y máquinas de la central. .....
3	¿Qué problemas se ha encontrado en la empresa debido específicamente a las vibraciones mecánicas?  ¿Sí? ⇒ ¿Cuál fue la máquina que más problemas causó en el contexto de las vibraciones?  ¿No? ⇒ ¿Cuál es la máquina que podría causar problemas si no se le da la atención apropiada?	Por una alta vibración se vio afectada la generación de energía ya que esto provocó directamente una disminución en la eficiencia mecánica de la turbina, a su vez indujo a una alta temperatura de los cojinetes de turbina y generador provocando esto una disminución en la vida útil del aceite de lubricación y refrigeración dentro de la cámara de acoplamiento del eje de turbina generador. .....
4	¿Intentaste u ofreciste dar una solución?	Por encargo del jefe de mantenimiento, revisé los datos históricos y pude apreciar que la amplitud fue aumentando en el tiempo en un periodo de 2 años, por tal motivo propuse hacer una parada de planta para desmontar el sistema de acoplamiento turbina generador y hacer un balance de cargas sobre el mismo. .....
5	¿Cómo contribuiste a la solución de los problemas? ¿Ya se solucionaron?  ¿Sí? ⇒ ¿En qué consistió la solución?  ¿No? ⇒ ¿Qué aduce la empresa para no resolverlo?	A través de los datos históricos que revise y la parada de planta que propuse, se realizó el desmontaje del sistema de acoplamiento turbina generador, con el fin de balancear las cargas sobre este y alinear el sistema de fijación los cuales son los cojinetes de generador y turbina tanto superior e inferior. El balanceo de cargas consiste en equilibrar pesos y verificar si existe algún pandeo del eje. .....

6	<p>¿Llevaste el curso <b>Vibraciones Mecánicas</b>?</p> <p>¿Sí? ⇒ ¿Qué temas consideras que influyeron en dar tu solución?</p> <p>¿No? ⇒ ¿Sientes un vacío en tu formación profesional por no haber llevado el curso?</p>	<p>No, por lo cual sentí un gran vacío de conocimiento en ello, siendo las soluciones que propuse conocimiento adquirido de la experiencia en otras centrales de generación eléctrica.</p>
7	¿Llevaste el curso de Ingeniería de Mantenimiento?	NO
8	¿Recibiste capacitación o tienes conocimiento sobre mantenimiento preventivo (MPREV) y predictivo (MPRED)?	<p>Si, ya que como practicante profesional también dentro de la planta me desempeñe como asistente de planeamiento jefatura y supervisión de mantenimiento, capacitándome así en la utilización del programa de mantenimiento SAP modulo PM.</p>
9	¿La capacitación te la ha brindado la empresa?; ¿Invertiste en capacitación en mantenimiento? ¿Te han pedido ser autodidacta?	<p>La capacitación me la dio la empresa a través del jefe de planeamiento, durante mi estancia en la central.</p>
10	¿Qué más quisieras agregar? Si fuera alguna propuesta sobre la mejora del curso, o alguna expectativa relacionada con competencias para conocer sobre el tema, sería mejor.	<p>Considero que los cursos de vibraciones mecánicas e ingeniería de mantenimiento deberían ser obligatorios, ya que en el campo laborar se ve de manera directa e indirecta-mente sea el cargo que ocupe cualquier profesional de las especialidades de la FIM.</p>

ANEXO III: Formato de protocolo de consentimiento para investigación.

## PROTOCOLO DE CONSENTIMIENTO PARA INVESTIGACIÓN

**Investigación en realización para optar el grado de maestro mediante tesis:**  
***Estrategias para el desarrollo de competencias genéricas en la asignatura Vibraciones Mecánicas en las carreras de antegrado de un centro de educación superior.***

**Objetivo:** Recoger de los participantes en la investigación información acerca de sus conocimientos y percepciones sobre los problemas que causan las vibraciones mecánicas, y sus sugerencias –a partir de su experiencia profesional en campo– para garantizar un buen aprendizaje del tema en las aulas universitarias.

**Investigador:** José Martín Casado Márquez

**Universidad:** Antonio Ruiz de Montoya

La participación es completamente voluntaria. Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder un cuestionario estructurado, que le ha de tomar unos 20 min. Usted es libre en ampliar sus respuestas para enriquecer el estudio. Sus respuestas serán tomadas en cuenta para plantear una propuesta acorde al objetivo de la investigación, las mismas que serán codificadas y formarán parte de la tesis mediante un conjunto de caracteres (Por ejemplo, XY1).

La participación es anónima, la información recogida será confidencial, y será empleada solo para el propósito de la investigación. Asimismo, si usted cree que responder el cuestionario podría causarle un perjuicio, puede decidir que sus respuestas no sean usadas.

Yo, \_\_\_\_\_, doy mi consentimiento para participar en la investigación que el Ing. José Martín Casado Márquez viene realizando, y soy consciente de que mi participación es enteramente voluntaria. Asimismo, he recibido información de su parte sobre su investigación, leído todo el cuestionario proporcionado y tengo la certeza que mis respuestas serán empleadas únicamente para los fines de la investigación.

Entiendo que recibiré una copia del presente formulario de consentimiento, y además puedo pedir información sobre los resultados de la investigación cuando ésta haya concluido, para lo cual puedo comunicarme con **José Martín Casado Márquez** al teléfono 99054-5534, o a su correo:

[jocasadom@gmail.com](mailto:jocasadom@gmail.com)

\_\_\_\_\_  
Nombre completo del (de la) participante

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Fecha

**JOSÉ MARTÍN CASADO MÁRQUEZ**

Nombre del investigador responsable

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Fecha



## ANEXO IV: Formato de Invitación para validación de instrumento.



UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA  
ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

### Carta de Presentación y Solicitud de Colaboración para Revisión y Emisión de Juicio de Experto del Instrumento Denominado: **GUIÓN DE CUESTIONARIO ESTRUCTURADO**

Señor Ingeniero

Doctor (Maestro) en Ingeniería \_\_\_\_\_  
Presente.-

Muy estimado Doctor (Maestro):

Con mi más cordial saludo, me presento ante usted como alumno del **cuarto ciclo** de la **Maestría en Educación con mención en Docencia Universitaria** de la Universidad Antonio Ruiz de Montoya (UARM), para solicitarle su apoyo en calidad de **experto**, para la revisión y emisión de su juicio del guión de cuestionario estructurado que he preparado para emplearlo como instrumento válido y fiable de la investigación que estoy realizando para la obtención del Grado Académico de Maestro. La investigación tiene el siguiente título:

#### ***Estrategias para el Desarrollo de Competencias Genéricas en la Asignatura “Vibraciones Mecánicas” en las Carreras de Antegrado un Centro de Educación Superior***

Este instrumento me permitirá recabar información sobre la calidad del dictado de la asignatura y necesidades de la misma desde distintos actores, con la finalidad de obtener evidencias que sustenten mis conclusiones y afirmaciones, con la pretensión de obtener mayor conocimiento y rigor científico sobre el tema materia de estudio.

Para facilitar su evaluación y aportes que usted desee realizar, le presento el guión del cuestionario que he preparado, acompañado de diversos campos destinados a su respectiva valoración y observaciones. Cordialmente le solicito apoyarme en lo siguiente:

1. Contestar la evaluación del cuestionario por pregunta, realizando una conclusión final, determinando si es pertinente con el objetivo, si es claro y su redacción no induce a error.
2. Determinar si cada pregunta es coherente en relación con la totalidad del guión.
3. Si lo considera necesario, proponer recomendaciones (por ejemplo, sugerencias de redacción, implementación de las entrevistas, lenguaje empleado, coherencia con las categorías, etc.).
4. Indicar sus grados académicos, títulos y su campo laboral.

Le agradezco sobremanera su colaboración en este estudio, asegurándole que sus opiniones serán de gran valor para esta investigación científica, y le reitero que la información solo será usada en ella.

Atentamente,

**José Martín Casado Márquez**  
Investigador  
e-mail: [jocasadom@gmail.com](mailto:jocasadom@gmail.com)  
Teléfono: 99054-5534

Adjuntos:      Ficha de explicación del instrumento.  
Ficha de validación por pregunta – Guía de entrevista semiestructurada.  
Ficha de validación de Instrumento de medición (Guía de cuestionario estructurado).

## ANEXO V: Formato de validación de instrumento



UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA  
ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

### Ficha de validación de Instrumento de medición (Guía de cuestionario estructurado)

#### DATOS DEL EXPERTO

1.1. Apellidos y nombres del especialista:

.....

1.2. DNI: .....

1.3. Grado de estudios alcanzado, mención, universidad

.....

1.4. Experiencia, institución

.....

#### ASPECTOS VALORADOS

INDICADOR	CRITERIO	VALORACIÓN		OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS
		SI	NO	
Claridad	Formulado con lenguaje apropiado			
Consistencia	Basado en teorías y conceptos de (Colocar el tema de la investigación)			
Pertinencia	Es útil y adecuado para esta investigación.			

#### JUICIO FINAL DEL INSTRUMENTO

<input type="checkbox"/>	Aplicable
<input type="checkbox"/>	Aplicable con observaciones
<input type="checkbox"/>	No aplicable

#### Aportes y/o Sugerencias para la Mejora del Instrumento o su Aplicación:

---

---

---

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2017

\_\_\_\_\_  
Firma del experto

**ANEXO VI:** Solicitudes de realización de encuestas a Directores de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería

Lima, 7 de setiembre del 2017

Señor Doctor  
**HUGO GAMARRA CHINCHAY**  
Director de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Mecánica de la UNI  
Presente.-

Asunto: **Autorización para obtener información  
para investigación académica**



Muy estimado Doctor:

Con mi más cordial saludo, me dirijo a usted para informarle que el suscrito es alumno del cuarto ciclo de estudios de la **Maestría en Educación con Mención en Docencia Universitaria** en la Universidad Antonio Ruiz de Montoya (UARM), y me encuentro desarrollando la Tesis "**Estrategias para el Desarrollo de Competencias Genéricas en la Asignatura 'Vibraciones Mecánicas' en las Carreras de Antegrado en un Centro de Educación Superior**", la cual cuenta con la anuencia de la Dirección de su Escuela de Posgrado.


Actualmente, la asignatura tiene carácter electivo en la especialidad de Ingeniería Mecánica, y uno de los objetivos que persigo en la tesis es resaltar su gran importancia para la formación profesional de nuestros alumnos.

En este sentido, el suscrito se encuentra en la fase de toma de datos, la cual, para el caso de la Escuela de su digna dirección, éstos consisten en realizar encuestas a los alumnos en las aulas, con el propósito de determinar las necesidades que la asignatura **Vibraciones Mecánicas** requiere cubrir para formar profesionales competentes en su campo profesional.

Por lo expuesto, con el propósito de dar validez al trabajo que vengo realizando según las normas de la UARM, así como también para preservar cuestiones éticas de toda investigación académica, acudo a sus buenos oficios para solicitar su anuencia por medio de la emisión del respectivo documento oficial, el cual –según las normas de la UARM– debe ser anexado a la tesis para su publicación.

Convencido de contar con su apoyo, hago propicia la ocasión para reiterarle los sentimientos de mi mayor estima personal.

Atentamente,

  
**José Martín Casado Márquez**  
Docente de la FIM y  
Alumno de maestría UARM

adj. Copia de la Resolución Directoral N° 005-2017-UARM-EPC



Lima, 7 de setiembre del 2017

Señor Maestro Ingeniero  
**WINSTON ACEIJAS PAJARES**  
Director de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Mecánica-Eléctrica de la UNI  
Presente.-

Asunto: **Autorización para obtener información  
para investigación académica**



Muy estimado Doctor:

Con mi más cordial saludo, me dirijo a usted para informarle que el suscrito es alumno del cuarto ciclo de estudios de la **Maestría en Educación con Mención en Docencia Universitaria** en la Universidad **Antonio Ruiz de Montoya (UARM)**, y me encuentro desarrollando la Tesis **“Estrategias para el Desarrollo de Competencias Genéricas en la Asignatura “Vibraciones Mecánicas” en las Carreras de Antegrado en un Centro de Educación Superior”**, la cual cuenta con la anuencia de la Dirección de su Escuela de Posgrado.

Actualmente, la asignatura no se ofrece en el plan curricular en la especialidad de Ingeniería Mecánica-Eléctrica, y uno de los objetivos que persigo en la tesis es resaltar su gran importancia para la formación profesional de nuestros alumnos.

En este sentido, el suscrito se encuentra en la fase de toma de datos, la cual, para el caso de la Escuela de su digna dirección, éstos consisten en realizar encuestas a los alumnos en las aulas, con el propósito de determinar las necesidades que la asignatura **Vibraciones Mecánicas** requiere cubrir para formar profesionales competentes en su campo profesional.

Por lo expuesto, con el propósito de dar validez al trabajo que vengo realizando según las normas de la UARM, así como también para preservar cuestiones éticas de toda investigación académica, acudo a sus buenos oficios para solicitar su anuencia por medio de la emisión del respectivo documento oficial, el cual –según las normas de la UARM– debe ser anexado a la tesis para su publicación.

Convencido de contar con su apoyo, hago propicia la ocasión para reiterarle los sentimientos de mi mayor estima personal.

Atentamente,

  
**José Martín Casado Márquez**  
Docente de la FIM y  
Alumno de maestría UARM

adj. Copia de la Resolución Directoral N° 005-2017-UARM-EPG

Lima, 7 de setiembre del 2017

Señor Maestro Ingeniero  
**NICOLÁS CORTÉZ GALINDO**  
Director de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Naval de la UNI  
Presente.-

Asunto: **Autorización para obtener información  
para investigación académica**



Muy estimado Doctor:

Con mi más cordial saludo, me dirijo a usted para informarle que el suscrito es alumno del cuarto ciclo de estudios de la **Maestría en Educación con Mención en Docencia Universitaria** en la Universidad Antonio Ruiz de Montoya (UARM), y me encuentro desarrollando la Tesis "**Estrategias para el Desarrollo de Competencias Genéricas en la Asignatura "Vibraciones Mecánicas" en las Carreras de Antegrado en un Centro de Educación Superior**", la cual cuenta con la anuencia de la Dirección de su Escuela de Posgrado.


Actualmente, la asignatura tiene carácter obligatorio en la especialidad de Ingeniería Naval, y uno de los objetivos que persigo en la tesis es resaltar su gran importancia para la formación profesional de nuestros alumnos.

En este sentido, el suscrito se encuentra en la fase de toma de datos, la cual, para el caso de la Escuela de su digna dirección, éstos consisten en realizar encuestas a los alumnos en las aulas, con el propósito de determinar las necesidades que la asignatura **Vibraciones Mecánicas** requiere cubrir para formar profesionales competentes en su campo profesional.

Por lo expuesto, con el propósito de dar validez al trabajo que vengo realizando según las normas de la UARM, así como también para preservar cuestiones éticas de toda investigación académica, acudo a sus buenos oficios para solicitar su anuencia por medio de la emisión del respectivo documento oficial, el cual –según las normas de la UARM– debe ser anexado a la tesis para su publicación.

Convencido de contar con su apoyo, hago propicia la ocasión para reiterarle los sentimientos de mi mayor estima personal.

Atentamente,

  
**José Martín Casado Márquez**  
Docente de la FIM y  
Alumno de maestría UARM

adj. Copia de la Resolución Directoral N° 005-2017-UARM-EPG

Lima, 7 de setiembre del 2017

Señor Doctor  
**CARLOS MUNARES TAPIA**  
Director de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Mecatrónica de la UNI  
Presente.-

Asunto: **Autorización para obtener información  
para investigación académica**



Muy estimado Doctor:

Con mi más cordial saludo, me dirijo a usted para informarle que el suscrito es alumno del cuarto ciclo de estudios de la **Maestría en Educación con Mención en Docencia Universitaria** en la Universidad **Antonio Ruiz de Montoya (UARM)**, y me encuentro desarrollando la Tesis **“Estrategias para el Desarrollo de Competencias Genéricas en la Asignatura “Vibraciones Mecánicas” en las Carreras de Antegrado en un Centro de Educación Superior”**, la cual cuenta con la anuencia de la Dirección de su Escuela de Posgrado.

Actualmente, la asignatura tiene carácter obligatorio en la especialidad de Ingeniería Mecatrónica, y uno de los objetivos que persigo en la tesis es resaltar su gran importancia para la formación profesional de nuestros alumnos.

En este sentido, el suscrito se encuentra en la fase de toma de datos, la cual, para el caso de la Escuela de su digna dirección, éstos consisten en realizar encuestas a los alumnos en las aulas, con el propósito de determinar las necesidades que la asignatura **Vibraciones Mecánicas** requiere cubrir para formar profesionales competentes en su campo profesional.

Por lo expuesto, con el propósito de dar validez al trabajo que vengo realizando según las normas de la UARM, así como también para preservar cuestiones éticas de toda investigación académica, acudo a sus buenos oficios para solicitar su anuencia por medio de la emisión del respectivo documento oficial, el cual –según las normas de la UARM– debe ser anexado a la tesis para su publicación.

Convencido de contar con su apoyo, hago propicia la ocasión para reiterarle los sentimientos de mi mayor estima personal.

Atentamente,

  
**José Martín Casado Márquez**  
Docente de la FIM y  
Alumno de maestría UARM

adj. Copia de la Resolución Directoral N° 005-2017-UARM-EPG



## Anexo VII: ENCUESTA DE PERCEPCIÓN SOBRE LA ASIGNATURA VIBRACIONES MECÁNICAS (MC 571)

Universo:	Alumnos del noveno y décimo ciclo de la especialidad de Ingeniería Mecánica de la UNI
Fecha:	Del 13 al 17 de noviembre del 2017
Responsable:	Ing. <b>José Martín Casado Márquez</b>

**CUESTIÓN PREVIA:** En nuestra Facultad (la FIM), la asignatura **Vibraciones Mecánicas (MC 571)** es obligatoria para las especialidades de Ingeniería Naval (M5) e Ingeniería Mecatrónica (M6), y electiva en la especialidad de Ingeniería Mecánica (M3), pero **no es ofrecida para M4 en ninguna forma**.

Sin embargo, las cuatro especialidades están involucradas con el funcionamiento y operación de máquinas, las cuales, con sus sistemas motrices aun operando a baja frecuencia, generan la vibración de la estructura de la máquina, la cual debe estar adecuadamente controlada.

### **OBJETIVOS**

- **GENERAL:** Determinar la factibilidad de hacer obligatoria la asignatura **MC 571** en el plan curricular de la especialidad de Ingeniería Mecánica (M3).
- **ESPECÍFICOS:**
  - a) Determinar las falencias académicas y de competencias que podría tener el estudiante de M3 en su formación profesional debido a no haber adquirido conocimientos a nivel de Ingeniería, por no haber llevado la asignatura **MC 571**.
  - b) Fomentar la adquisición de competencias genéricas en la asignatura **MC 571** para todos los estudiantes de la FIM, para su buen desempeño en el campo laboral.

## **CUESTIONARIO DE LA ENCUESTA**

1. Sabiendo que cualquier labor de tu carrera profesional implicará necesariamente el funcionamiento y operación de máquinas, ¿Consideras que la asignatura **Vibraciones Mecánicas** debería formar parte del plan de manera obligatoria o electiva?

A) Obligatoria

B) Electiva

2. En caso tu respuesta a la pregunta anterior fue “electiva”, ¿por qué lo consideras así?

---

---

---

3. ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que el capítulo **Vibraciones Mecánicas** de la asignatura de **Dinámica**, que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, está aportando a tu formación profesional?

A) Bastante

B) Suficiente

C) Aceptable

D) Poco

E) Nada

F) No me enseñaron

4. Asimismo, en la asignatura **Ecuaciones Diferenciales (MB 155)**, que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, se te enseñó cómo se aplican las ecuaciones diferenciales para resolver problemas de **Vibraciones Mecánicas**. ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que saber resolver problemas de esa materia está aportando a tu formación profesional?

A) Bastante  
D) Poco

B) Suficiente  
E) Nada

C) Aceptable  
F) No me enseñaron

Teniendo en cuenta que ya superaste las asignaturas esenciales sobre máquinas en tu formación profesional hasta el octavo ciclo, cuando tengas que realizar tus prácticas pre-profesionales (o si ya las estás realizando o estás trabajando en labores de tu carrera):

5. ¿Podrías clasificar a una máquina según su severidad de vibración?

A) Sí, bastante bien  
D) Con dificultad, a menos que me capaciten

B) Sí, con suficiencia

C) Un poco  
E) Nada

6. ¿Podrías determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s)?

A) Sí, bastante bien  
D) Con dificultad, a menos que me capaciten

B) Sí, con suficiencia

C) Un poco  
E) Nada

Sabiendo que la asignatura **Cimentación de Máquinas (MC 572)** forma parte del plan curricular de M3 en forma electiva, en el cual se pide como único pre-requisito la asignatura **Resistencia de Materiales II (MC 325)**, cuando en verdad es indispensable conocer el comportamiento vibracional de las máquinas que se desea cimentar, y asimismo la formación profesional que la FIM te ofrece no es específica en determinada rama de la carrera, con el propósito de fortalecer tus competencias en vibraciones mecánicas:

7. Sabiendo que la asignatura **Vibraciones Mecánicas** será incorporado como obligatoria a partir del año 2018, ¿Cursarías la asignatura de manera libre luego de haber egresado?

A) Sí, independientemente si trabajo o practico en la solución de problemas de vibraciones mecánicas o no.

B) Sí, solo si mis prácticas pre-profesionales lo requieren en el corto o mediano plazo.

C) No, porque la empresa que me reclute debe tener personal técnico en el campo.

D) No, porque confío en mi capacidad autodidacta.

8. ¿Consideras que los tópicos estudiados sobre **mantenimiento predictivo** en la asignatura **Ingeniería de Mantenimiento** son suficientes para poder desenvolverte en el corto y mediano plazo en el campo laboral?

A) Sí, son suficientes.

B) Requiere que vaya adquiriendo experiencia y capacitación en la profesión para poder consolidarme en ese campo.

C) No es indispensable que lo sepa, porque la empresa que me reclute debe tener su propio personal técnico de mantenimiento.

D) No, porque confío en mi capacidad autodidacta.

**MUCHÍSIMAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!!**

Lima, noviembre del 2017



## Anexo VIII: ENCUESTA DE PERCEPCIÓN SOBRE LA ASIGNATURA VIBRACIONES MECÁNICAS (MC 571)

Universo:	Alumnos del noveno y décimo ciclo de la especialidad de Ingeniería Mecánica–Eléctrica de la UNI
Fecha:	Del 13 al 17 de noviembre del 2017
Responsable:	Ing. <b>José Martín Casado Márquez</b>

**CUESTIÓN PREVIA:** En nuestra Facultad (la FIM), la asignatura **Vibraciones Mecánicas (MC 571)** es obligatoria para las especialidades de Ingeniería Naval (M5) e Ingeniería Mecatrónica (M6), y electiva en la especialidad de Ingeniería Mecánica (M3), pero **no es ofrecida para M4 en ninguna forma**.

Sin embargo, las cuatro especialidades están involucradas con el funcionamiento y operación de máquinas, las cuales, con sus sistemas motrices aun operando a baja frecuencia, generan la vibración de la estructura de la máquina, la cual debe estar adecuadamente controlada.

### **OBJETIVOS**

- **GENERAL:** Determinar la factibilidad de incorporar la asignatura **MC 571** en el plan curricular de la especialidad de Ingeniería Mecánica–Eléctrica (M4).
- **ESPECÍFICOS:**
  - a) Determinar las falencias académicas y de competencias que podría tener el estudiante de M4 en su formación profesional debido a no haber adquirido conocimientos a nivel de Ingeniería, por no haber llevado la asignatura **MC 571**.
  - b) Fomentar la adquisición de competencias genéricas en la asignatura **MC 571** para todos los estudiantes de la FIM, para su buen desempeño en el campo laboral.

## **CUESTIONARIO DE LA ENCUESTA**

9. Sabiendo que cualquier labor de tu carrera profesional implicará necesariamente el funcionamiento y operación de máquinas, ¿Consideras que la asignatura **Vibraciones Mecánicas** debería formar parte del plan curricular? ¿De manera obligatoria o electiva?

A) Sí, obligatoria

B) Sí, electiva

C) No

10. En caso tu respuesta a la pregunta anterior fue “no”, ¿por qué lo consideras así?

---

---

---

11. ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que el capítulo **Vibraciones Mecánicas** de la asignatura de **Dinámica**, que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, está aportando a tu formación profesional?

A) Bastante  
D) Poco

B) Suficiente  
E) Nada

C) Aceptable  
F) No me enseñaron

12. Asimismo, en la asignatura **Ecuaciones Diferenciales (MB 155)**, que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, se te enseñó cómo se aplican las ecuaciones diferenciales para resolver problemas de **Vibraciones Mecánicas**. ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que saber resolver problemas de esa materia está aportando a tu formación profesional?

A) Bastante	B) Suficiente	C) Aceptable
D) Poco	E) Nada	F) No me enseñaron

Teniendo en cuenta que ya superaste las asignaturas esenciales sobre máquinas eléctricas en tu formación profesional hasta el octavo ciclo, cuando tengas que realizar tus prácticas pre-profesionales (o si ya las están realizando o estás trabajando en labores de tu carrera):

13. ¿Podrías clasificar a una máquina según su severidad de vibración?

A) Sí, bastante bien	B) Sí, con suficiencia	C) Un poco
D) Con dificultad, a menos que me capaciten		E) Nada

14. ¿Podrías determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s)?

A) Sí, bastante bien	B) Sí, con suficiencia	C) Un poco
D) Con dificultad, a menos que me capaciten		E) Nada

Sabiendo que la asignatura **Ingeniería de Mantenimiento (MC 654)** forma parte del plan curricular de M4 en forma electiva, y en ella uno de los temas abordados es el **mantenimiento predictivo**, directamente involucrado con las vibraciones mecánicas, y asimismo la formación profesional que la FIM te ofrece no es específica en determinada rama de la carrera, con el propósito de fortalecer tus competencias en vibraciones mecánicas:

15. ¿Cursarías la asignatura **Vibraciones Mecánicas** si ésta fuera incorporada como electiva en el nuevo plan curricular que se está elaborando?

A) Sí, independientemente si trabajo o practico en la solución de problemas de vibraciones mecánicas o no.  
B) Sí, solo si mis prácticas pre-profesionales lo requieren en el corto o mediano plazo.  
C) No, porque la empresa que me reclute debe tener personal técnico en el campo.  
D) No, porque confío en mi capacidad autodidacta.

16. ¿Cursarías la asignatura **Ingeniería de Mantenimiento**?

A) Sí, independientemente si trabajo o practico en la solución de problemas de vibraciones mecánicas o cualquier otro campo de acción de mi carrera.  
B) Sí, solo si mis prácticas pre-profesionales, prácticas profesionales o trabajo profesional lo requieren en el corto o mediano plazo.  
C) No, porque la empresa que me reclute debe tener su propio personal técnico de mantenimiento.  
D) No, porque confío en mi capacidad autodidacta.

**MUCHÍSIMAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!!**

Lima, noviembre del 2017

## Anexo IX: ENCUESTA DE PERCEPCIÓN SOBRE LA ASIGNATURA VIBRACIONES MECÁNICAS (MC 571)

Universo:	Alumnos de las especialidades de Ingeniería Naval e Ingeniería Mecatrónica de la UNI que están cursando la asignatura <b>Vibraciones Mecánicas</b> en el Periodo Académico 2017-II.
Fecha:	Del 13 al 17 de noviembre del 2017
Responsable:	Ing. <b>José Martín Casado Márquez</b>

### **OBJETIVOS**

- c) **GENERAL:** Determinar la factibilidad de incluir la asignatura **MC 571** en el plan curricular de las cuatro especialidades de la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM).
- d) **ESPECÍFICOS:**
- e) Determinar las falencias académicas y de competencias en el campo de las vibraciones mecánicas que podrían tener los estudiantes de M5 y M6 en su formación profesional.
  - f) Fomentar la adquisición de competencias genéricas en la asignatura **MC 571** para todos los estudiantes de la FIM, para su buen desempeño en el campo laboral.

## CUESTIONARIO DE LA ENCUESTA

17. Marca la especialidad que estás estudiando.

A) Ingeniería Naval

B) Ingeniería Mecatrónica

18. ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que el capítulo **Vibraciones Mecánicas** de la asignatura de **Dinámica**, que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, está aportando a tu formación profesional?

A) Bastante

B) Suficiente

C) Aceptable

D) Poco

E) Nada

F) No me enseñaron

19. Asimismo, en la asignatura **Ecuaciones Diferenciales (MB 155)**, que llevaste en tu cuarto ciclo de estudios, se te enseñó cómo se aplican las ecuaciones diferenciales para resolver problemas de **Vibraciones Mecánicas**. ¿Qué cantidad de conocimientos consideras que saber resolver problemas de esa materia está aportando a tu formación profesional?

A) Bastante

B) Suficiente

C) Aceptable

D) Poco

E) Nada

F) No me enseñaron

20. ¿Crees que la asignatura **MC 571** te ofrece los temas mínimos para poder desenvolverte satisfactoriamente en una práctica pre-profesional o profesional?

A) Sí

B) No (escriba en las líneas siguientes dando sus razones o los temas que consideras se deben incorporar)

---

---

21. ¿Tienes claras las ventajas de utilizar las transformadas de Laplace y las series de Fourier para resolver sistemas vibratorios?

A) Sí, muy claro.

B) Sí, pero sería necesario una comprobación simulada o estadística

Teniendo en cuenta que ya superaste las asignaturas esenciales sobre **máquinas marinas (para M5) o dispositivos sensores (M6)** en tu formación profesional hasta el octavo ciclo, cuando tengas que realizar tus prácticas pre-profesionales (o si ya las están realizando o estás trabajando en labores de tu carrera):

22. ¿Podrías clasificar a una máquina según su severidad de vibración?

A) Sí, bastante bien

B) Sí, con suficiencia

C) Un poco

D) Con dificultad, a menos que me capaciten

E) Nada

23. ¿Podrías determinar la falla de una máquina debido a un desbalanceo de su(s) eje(s)?

A) Sí, bastante bien

B) Sí, con suficiencia

C) Un poco

D) Con dificultad, a menos que me capaciten

E) Nada

24. ¿Debería la asignatura involucrar prácticas de laboratorio con softwares de simulación con Métodos Numéricos, así como con motores y elementos mecánicos?

A) Sí, todo ello es indispensable

B) No, es suficiente como se viene haciendo

25. ¿Debería la asignatura tener exámenes en su evaluación, o únicamente trabajos prácticos con informes de laboratorio y algún proyecto al final del periodo académico?

A) La evaluación debe ser continua, con exámenes.

B) Debería consistir solamente en trabajos prácticos con informes de laboratorio, mas un proyecto al final del periodo.

26. Las siguientes asignaturas son electivas en los respectivos planes curriculares:

a. **Mantenimiento y Reparación de Maquinaria Naval (MV 355)**, para M5.

b. **Ingeniería de Mantenimiento (MC 654)** para M6.

Sabiendo que los problemas que causarían las vibraciones mecánicas se pueden predecir mediante el **mantenimiento predictivo**, ¿Consideras que la respectiva asignatura contribuiría eficazmente en tu formación profesional, aun cuando hayas egresado?

A) Sí, sería eficaz.

B) Determinaría su eficacia según vaya adquiriendo experiencia y capacitación en la profesión para poder consolidarme en ese campo.

C) No sería eficaz para mí, porque la empresa que me reclute debe tener su propio personal técnico de mantenimiento.

D) Lo sabré cuando haya egresado, porque confío en mi capacidad autodidacta.

**MUCHÍSIMAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!!**

Lima, noviembre del 2017

**ANEXO X:** Extracto del Reglamento de Evaluaciones de la UNI – Resolución Rectoral N° 0116 del 25 de enero del 2017.

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### *Resolución Rectoral No. 0116*

*Lima,* 25 ENE 2017

Visto el Oficio N° 772-2016/VA-UNI de fecha 24 de octubre del 2016, del Vicerrectorado Académico de la Universidad Nacional de Ingeniería;

#### **CONSIDERANDO:**

Que, en el artículo 103° del Estatuto de la Universidad Nacional de Ingeniería, se establece que las normas y procedimientos que regulan las actividades de formación profesional y los sistemas de evaluación, serán aprobadas por el Consejo Universitario;

Que, el Presidente de la Comisión Académica del Consejo Universitario mediante el documento del visto informa que la Comisión en sesión 34-2016 del 10 de octubre de 2016, acordó recomendar al Consejo Universitario, aprobar la propuesta de "Reglamento de Evaluación para Estudiantes de Antegrado de la Universidad Nacional de Ingeniería";

Estando a lo acordado por el Consejo Universitario en sesión ordinaria N° 01 del 20 de enero de 2017, y de conformidad con el artículo 25 del Estatuto de la Universidad Nacional de Ingeniería;

#### **SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.-** Aprobar, el Reglamento de Evaluación para Estudiantes de Antegrado de la Universidad Nacional de Ingeniería, el cual consta de ocho (08) Capítulos, sesenta y nueve (69) Artículos, dos (02) Disposiciones Finales y un (01) Glosario de Términos, cuyo texto forma parte integrante de la presente Resolución Rectoral.

**Artículo 2°.-** El citado Reglamento se aplicará a partir del periodo académico 2017-1.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
**ING. ARMANDO BALTAZAR FRANCO**  
Secretario General



  
**DR. JORGE ELIAS ALVA HURTADO**  
Rector





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Resolución Rectoral No. 0116

25 ENE 2017

Lima,

**Art 25°** Sin perjuicio de las medidas disciplinarias que correspondan; la nota A0 no es sustituible. El docente supervisor de la evaluación o el docente responsable de la evaluación informará por escrito sobre la ocurrencia al Director de la Escuela Profesional correspondiente o a la autoridad competente.

**Art 26°** El estudiante que efectúe el acto de suplantación de identidad en alguna prueba de evaluación, el Consejo de Facultad abrirá un proceso disciplinario y será sancionado con la suspensión de un período académico. La reincidencia con lleva a la expulsión del estudiante de la Universidad.

**Art 27°** El estudiante que permita la suplantación de identidad en una evaluación será sometido a proceso disciplinario y recibirá la misma sanción que se indica en el Art. 26°.

### CAPÍTULO V DE LOS SISTEMAS DE EVALUACIÓN

#### De los Sistemas de evaluación

**Art 28°** Para cada curso se definirá un Sistema de Evaluación elegido entre los que se indican a continuación:

TABLA 4

Sistema de Evaluación	Pruebas de evaluación	Peso
A	Promedio de trabajos calificados	1
	Examen oral	1
B	Examen parcial	1
	Examen final	2
C	Promedio de prácticas	2
	Examen parcial	2
	Examen final	3
D	Promedio de prácticas o trabajos calificados	1
E	Promedio de trabajos calificados	2
	Promedio de prácticas	1
F	Examen parcial	1
	Examen final	2
	Promedio de prácticas o trabajos calificados	1